العلوم البيئية
مدخل للتربية البيئية

إعداد
أ.د / عفت مصطفى الطناوى
أستاذ المناهج وطرق تدريس العلوم
كلية التربية ـ جامعة دمياط

٢٠١٧

بسم الله الرحمن الرحيم

كان من نتائج سعى الإنسان فى العصر الحالى إلى إشباع مختلف حاجاته أن تزايدت الضغوط على البيئة الطبيعية باستهلاك مواردها ، وبتجاوز طاقتها على استيعاب النفايات الناتجة عن الأنشطة البشرية المختلفة .

فالإنسان فى محاولاته على مر العصور لمواجهة مشكلاته والتغلب عليها لا يلبث أن يتغلب على مشكلة حتى تظهر له مشكلات أخرى ، وأحياناً تكون هذه المشكلات الأخيرة مترتبة على طريقة علاجه للمشكلة الأولى .

فلكى يتغلب الإنسان على الحشرات ويتخلص من مضايقاتها أنتج المبيدات الحشرية ، ومن أجل التغلب على مشكلات فساد الغذاء وحرارة الجو أنتج الثلاجات وأجهزة التكييف ، واستخدم المواد الحافظة للأطعمة المعلبة ، وفى سبيل توفير الطاقة والحصول عليها استعمل الإنسان أنواعاً من الوقود العضوى كالفحم والبترول ، ونتج عن ذلك تزايد مطرد فى أكاسيد الكربون فى الهواء الجوى ، كما تمكنت الأنشطة الصناعية من إنتاج مركبات كيميائية طارئة على النظم البيئية وغريبة عليها ، ولا يمكن تحليلها وإرجاعها إلى عناصرها الأولى كما يحدث للمركبات العضوية الطبيعية .

وهكذا نسى الإنسان أو تناسى أنه عنصر مكمل لعناصر البيئة ، بل إنه اعتبرها مخزناً ضخماً للثروة ، فأطلق لقدراته العنان لاستغلال إمكاناتها والسيطرة عليها ، مما أدى إلى ظهور عدد من المشكلات التى صنعها الإنسان فى بيئته ،

وعليه اليوم أن يواجهها ويتغلب عليها ، ولكن قبل ذلك عليه أولاً أن يفهم هـذه المشكلات ، ويعى أسبابها وآثارها ، وبالتالى يتمكن من اتخاذ مـا يلـزم لمنـع حدوثها ، أو على الأقل الحد منها .

ولذلك أصبحت التربية البيئية ضرورة ملحة بهدف إعداد الفـرد للتفاعـل الناجح مع بيئته بعناصرها المختلفة ، وهى عملية تكـوين القـيم والاتجاهـات والمهارات والمدركات اللازمة لفهم وتقدير العلاقات المعقدة التى تربط الإنسـان بمحيطه الحيوى والفيزيقى ، وتوضيح حتمية المحافظة على مصادر البيئة وحسن استغلالها لصالح الإنسان حفاظاً على حياته ورفعاً لمستوى معيشته .

ويعرض هذا الكتاب فى قسمه الأول مفهوم التربية البيئيـة ، وأهـدافها ، وأهميـة برامج العلـوم البيئيـة بفروعهـا المختـلفة ، مشيـراً إلـى الموضوعات والقضايا اللازمة لتحقيق التربية البيئية وأسـاليب تضـمينها فـى المناهج الدراسية .

ويعرض القسم الثانى العلوم البيئية ويتكون من تسعة فصـول ، يتنـاول الفصل الأول المكونات غير الحية للبيئة ، والمتمثلة فى الغلاف الجوى والمحـيط المائى واليابس ، مشيراً إلى أهم المواد الكيميائية الموجودة فى كل مكون .

ويتناول الفصل الثانى الدورات البيئية لكـل مـن الكربـون والنيتـروجين والأكسجين والفسفور والكبريت ، مشيراً إلى التفاعلات الكيميائية التى تحدث فى كل دورة .

ويتناول الفصل الثالث مشكلة التلوث موضحا تصنيف ملوثات البيئة تبعـاً لنشأتها وتبعا لمسبباتها ، والآثار السلبية للملوثات الكيميائية على البيئة .

ويتناول الفصل الرابع تلوث الهواء الجوي مشيرا إلي التلــوث بكــل مــن أكاسيد الكربون والكبريت والنيتروجين والجسيمات المعلقة ، والمشكلات البيئيــة الناتجة عن كل منها ، ووسائل التحكم فى التلوث الكيميائى للهواء الجوى .

ويتناول الفصل الخامس تلوث الماء موضحا الملوثات الكيميائية للميــاه ، والآثار الضارة المترتبة على التلوث الكيميائى للمياه ، ووسائل التحكم فى التلوث الكيميائى للمياه .

ويتناول الفصل السادس تلوث التربة والغذاء مشيرا إلي الملوثات الكيميائية للتربة الزراعية ، والآثار الضارة للتلوث الكيميائى للتربــة ، والآثـــار الضـــارة للمبيدات الكيميائية ، والمواد الكيميائية التى تلوث الغــذاء ، والآثـــار الضـــارة المترتبة على التلوث الكيميائى للغذاء .

ويتناول الفصل السابع التلوث النووي موضحا الآثار السلبية الناتجة عــن استخدام الطاقة النووية ، ومنها تسرب الإشعاعات النووية ، والنفايات النوويــة والتلوث الحرارى ، والغبار الذرى .

ويتناول الفصل الثامن مشكلة الإخلال بالتوازن الطبيعى للبيئــة ، موضــحا المظاهر الدالة علي اختلال التوازن البيئى الطبيعى .

ويتناول الفصل التاسع مشكلة استنزاف موارد البيئة مشيرا إلي المــوارد الطبيعية في البيئة بأنواعها : الدائمة ، والمتجددة ، وغير المتجددة ، ومجــالات استخدام كل من : الطاقة الشمسية ، والطاقة المائية ، وطاقة الرياح

وأدعو الله أن يضم هذا الكتاب ــ كما قصدت ــ علماً ينتفع به ، يسهم فى تحقيق التربية البيئية لأفراد المجتمع ، ويستفيد منه كل من واضــعى ومطــورى مناهج العلوم بصفة عامة ، والكيمياء بصفة خاصة ، والقائمين على تدريس هذه المناهج .

وعلى الله قصد السبيل

أ . د . عفت مصطفى الطناوى

القسم الأول

التربية البيئية

- أهداف التربية البيئية .
- العلوم البيئية .
- الموضوعات اللازمة لتحقيق التربية البيئية .
- أساليب تضمين مفاهيم العلوم البيئية والتربية البيئية فى المناهج الدراسية .

القسم الأول

التربية البيئية

لم تعد بيئة الإنسان تلك الرقعة الضيقة من الأرض التـــى يعــيش فيهـــا ، ولكنها أصبحت العالم كله ، فما يقع من أحداث بيئية على بعد مئات الآلاف مـــن الأميال يمكن أن يؤثر فى أى مكان على سطح الأرض ، لـــذلك تزايـــد الاهتمـــام بالبيئة والمحافظة عليها تدريجياً على جميـــع المســـتويات المحليـــة والقوميـــة والعالمية بعد أن أدرك الإنسان الأخطار التى يمكن أن تهدده نتيجة سوء تعاملـــه مع بيئته .

وإزاء الخطر المتزايد للمشكلات البيئية سنّتْ الدول القوانين والتشـــريعات التى تنظم علاقة الإنسان ببيئته بما يحميها ويمنع تعرضها للمشكلات المختلفة ، كما أجريت البحوث لدراسة السبل والإجراءات التى تحـــد مـــن تعـــرض البيئـــة لمشكلات أخرى وتقلل آثار المشكلات البيئية التى تعانيها ، وارتفعـــت النـــداءات بضرورة وعى الإنسان بهذه المشكلات وإدراكه للنتائج والآثار المترتبـــة عليهـــا مؤكدة فى نفس الوقت على أن توفير احتياجات الإنسان لا يتعارض مع المحافظة على البيئة الطبيعية ، وأن التشريعات والقوانين الخاصة بحماية البيئة لا تستطيع وحدها أن تحقق الغرض المرجو منها ولا يمكن أن تكفـــل التصـــرف الصـــحيح

للإنسان تجاه بيئته إذا لم تستند على وعى وإدراك يصل إلى ضمير الإنسان وينمى لديه القيم والاتجاهات البيئية الإيجابية من أجل المحافظة على البيئة وحمايتها .

ويقصد بالتربية البيئية عملية إعداد الفرد للتفاعل الناجح مع بيئته بعناصرها المختلفة ، وهى عملية تكوين القيم والاتجاهات والمهارات والمدركات اللازمة لفهم وتقدير العلاقات المعقدة التى تربط الإنسان بمحيطه الحيوى والفيزيقى ، وتوضيح حتمية المحافظة على مصادر البيئة وحسن استغلالها لصالح الإنسان حفاظاً على حياته ورفعاً لمستوى معيشته .

وتعد التربية البيئية مدخلاً مهماً لترشيد سلوك الإنسان نحو البيئة ومواردها ، وبذلك أصبحت ضرورة ملحة نظراً لعجز القوانين والتشريعات التى شرعت لحماية البيئة عن الحد من المشكلات البيئية ، حيث لم تستند هذه القوانين والتشريعات إلى وعى وإدراك يصل إلى ضمير الإنسان ويتحول لديه إلى قيم إيجابية وضوابط للسلوك تجعله يحافظ على بيئته من كل ما تتعرض له من مشكلات يكون هو السبب الرئيس فيها .

أهداف التربية البيئية

تهدف التربية البيئية إلى تمكين الإنسان من فهم ما تتميز به البيئة من طبيعة معقدة نتيجة للتفاعل بين جوانبها البيولوجية والفيزيائية والثقافية ، وتزويد الأفراد والمجتمعات بالوسائل اللازمة لتفسير علاقة التكامل التى تربط بين هذه العناصر المختلفة فى المكان والزمان ، بما يسهل تواؤمهم مع البيئة ويساعد

على استخدام موارد العالم بمزيد من التدبير والحيطة ، لتلبية احتياجات الإنسان المختلفة فى حاضره ومستقبله .

واتفق بعض التربويين على الأهداف الآتية للتربية البيئية :

١) تزويد الأفراد بالمعلومات البيئية التى تعمق فهمهم لبيئتهم ومكوناتها وزيادة اهتمامهم بها وبمشكلاتها والإسهام فى حلها .
٢) إكساب الأفراد القدرة على متابعة القضايا البيئية والتنبؤ بما قد يحدث من مشكلات بيئية .
٣) مساعدة الأفراد على اكتساب الخلق البيئى الذى يوجه سلوكهم نحو البيئة .
٤) مساعدة الأفراد على اكتساب وتنمية القيم والاتجاهات البيئية المرغوبة نحو العناية بالبيئة وحمايتها والتفاعل الصحيح معها والمشاركة فى تطويرها .
٥) إكساب الأفراد المهارات اللازمة لتطوير بيئتهم وصيانتها وتنمية مواردها والقدرة على اتخاذ القرار بشأنها .
٦) التأكيد على النواحى الصحية والقضايا الاجتماعية والسياسية التى تمتد جذورها لعامل البيئة .
٧) تشجيع الطلاب والباحثين على إجراء البحوث المتعلقة بالنواحى البيئية المختلفة واتخاذ القرارات البيئية الصحيحة فى مجالى الإنتاج والاستهلاك .
٨) مساعدة الأفراد والجماعات فى المجتمعات الأقل تقدماً على تكوين أنماط سلوكية مقبولة للتعامل مع البيئة .

ويمكن تصنيف أهداف التربية البيئية فى ستة مستويات ، هى :

أولاً : مستوى الوعى

ويهتم بتنمية إدراك الفرد بمدى ترابط النواحى الاقتصـــادية والاجتماعيـــة والثقافية والسياسية للبيئة وتداخلها ، وأثر ذلك على حـــل المشـــكلات البيئيـــة ، فالوعى البيئى يساعد الأفراد على الالتزام القائم على الإحساس والمعرفة الواعية بالعلاقات والمشكلات البيئية المختلفة ، ويساعدهم على انتهاج أنماط من السلوك تنم عن الإحساس بالمسئولية تجاه بيئتهم التى يعيشون فيهـــا بحيـــث يهتمـــون بصيانتها والحفاظ عليها .

وتعد تنمية الوعى البيئى للأفراد والجماعـــات الخطـــوة الأولـــى اللازمـــة للحصول على معلومات أكثر عمقاً عن المشكلات البيئية ، وتكـــوين الاتجاهـــات البيئية ، وتنمية المهارات اللازمة للحفاظ على البيئة وحل مشكلاتها الحالية ومنع ظهور مشكلات بيئية جديدة فى المستقبل .

ثانياً : مستوى المعرفة

ويهتم بإكساب الفرد مجموعة من المعارف التى تساعده على فهم البيئـــة وفهم العلاقات المتبادلة بين الجوانب الفيزيائية والبيولوجية والاجتماعية والثقافية للبيئة ، وتمكنه من التعامل مع المشكلات المتعلقة بها ومعرفة كيفيـــة صـــيانتها والمحافظة عليها .

ثالثاً : مستوى المهارات

ويهتم بتزويد الفرد بالمهارات اللازمة لمساعدته على صيانة البيئة وتنمية مواردها ، وحل المشكلات التى تتعرض لها بيئته ، وتنمية قدرتـــه علـــى اتخـــاذ القرار بشأنها وتطوير ظروف البيئة على نحو أفضـــل . وتعـــد عمليـــة إكســـاب مهارات حل المشكلات وتنميتها ضرورية إذا ما أردنا للمتعلمين المشاركة بنشاط وفاعلية فى حل المشكلات البيئية ، وهى تتضمن ثمانى مهارات أساسية هـــى : إدراك المشكلات البيئية ، وتحديد المشكلات البيئية ، والاستماع مع الفهم ، وجمع المعلومات ، وتنظيم المعلومات ، وتحليل المعلومات ، واقتراح الحلول البديلـــة ، ووضع خطة للعمل .

رابعاً : مستوى الاتجاهات والقيم

ويهتم بإكساب الأفراد والجماعات مجموعة من الاتجاهات والقيم ومشاعر الاهتمام بالمحافظة على البيئة والإسهام فى حـــل مشـــكلاتها أو الحـــد منهـــا ، وإكسابهم كذلك حوافز المشاركة الإيجابية فى تحسينها وحمايتها .

وتؤكد التربية البيئية على أهميـــة اكتســـاب الأفـــراد الاتجاهـــات البيئيـــة المرغوبة نحو بيئتهم ، فالاتجاهات موجهات للسلوك ، وإذا اكتسب الفرد اتجاهـــاً موجباً نحو بيئته ، أو أحد عناصرها فسوف يدفعه ذلك لأن يسلك ســـلوكاً قويمـــاً نحو هذه البيئة .

ويحدد بعض التربويين أهم الاتجاهات البيئية فى ثمانية اتجاهـــات هـــى : الاتجاه نحو كل من : حماية البيئة ، والاستغلال الراشد للموارد الطبيعية ، ونبـــذ

المعتقدات الخاطئة فى البيئة ، والاتجاه المضاد نحو كل مـــن : تلويـــث البيئـــة ، واستنزاف الموارد الطبيعية ، والإصابة بالأمراض المتوطنة ، والانفجار السكانى، والإخلال بمقومات التوازن البيئى .

وتسهم التربية البيئية فى اكتساب الفرد للقيم البيئية التى توجهه للمشاركة مع الآخرين فى حماية البيئة وصيانتها وتنمى شعوره بالمسئولية تجـــاه بيئتـــه ومشكلاتها التى تحتاج إلى حلول عاجلة .

خامساً : مستوى المشاركة

ويهتم بتنمية روح المشاركة الفعلية فى الأنشطة البيئية لدى الفـــرد علـــى المستويات كافة ، مما يساعده على القيام ببعض الإجراءات التى تســـاعده علـــى حل المشكلات البيئية أو تقليل أثرها على البيئة .

سادساً : مستوى التقويم

ويهتم بمعاونة المتعلم على تقصى القضايـــا البيئية وتقييم الحلول البديلـــة لها ، ويتيح الفرصة له لإجراء تقصى وتقييم للقضايا البيئية بشكل حقيقى ، كمـــا يهتم هذا المستوى بتنمية القدرة على تقويم الإجراءات والقرارات التى يتخـــذها صناع القرار بخصوص البيئة ومشكلاتها .

العلوم البيئية

نتيجة للاهتمام المتزايد بالبيئة وبمشكلاتها ، وبهدف التغلـــب علـــى هـــذه المشكلات ، اكتسبت برامج العلوم البيئية ، بفروعها المختلفـــة ، أهميـــة بالغـــة حددتها المؤسسة الأمريكية للعلوم البيولوجية فى تقريرها حول الوضـــع الحـــالى

والمنظور المستقبلى لتدريس العلوم البيئية فيما يلى :

١) لبرامج العلوم البيئية تأثير قومى نظراً لدورها الفعال فى التوعيـة بالقضـايا والمشكلات البيئية والتدريب على حل المشكلات البيئية المعقدة والمتداخلة .

٢) تقدم برامج العلوم البيئية للطلاب معلومـات مـن مجـالات بينيـة Inter-disciplinary مع التعمق المناسب فى أحد هذه المجالات .

٣) يمكن من خلال دراسة العلوم البيئية تنمية مهارات حل المشكلات ومهـارات التفكير الناقد ، والتعامل مـع الكمبيـوتر ، ومهـارات الاتصـال الشـفهية والتحريرية .

٤) تقدم برامج العلوم البيئية للطلاب أنشطة تجريبية من خلال قيامهم بالدراسات الميدانية وممارسة الخبرات البحثية .

ولا يمكن لبرامج العلوم البيئية أن تحقق أهدافها إلا بتربية الفـرد تربيـة بيئية يفهم من خلالها أسس التفاعل الصحيح مع بيئته ، ويقتنع بأهمية المحافظة عليها وتنمية مواردها ، ويسلك السلوك المناسب تجاهها .

الموضوعات اللازمة لتحقيق التربية البيئية

أجريت دراسات عديدة بهدف تحديد الموضوعات والقضايا البيئيـة التـى يجب أن تتضمنها برامج العلوم البيئية والتربية البيئية الجيدة فى مراحل التعلـيم العام ، فحددت وكالة حماية البيئـة **Environmental Protection Agency** موضوعات التلوث ، والمطر الحمضى ، والمحافظـة علـى المـوارد البيئيـة ، ونوعية الماء ، والنفايات الخطرة ، وزراعـة الحـدائق ، والأنظمـة البيئيـة ، والمحافظة على التربـة ، وإدارة الحيـاة البريـة ، والـتحكم فـى النباتـات

الضارة .

ويؤكد برنامج التربية البيئية الفعال على الموضوعات المتعلقة بالمشكلات البيئية الموجودة بالمنزل ، أو فى البيئة المحيطة به ، والناتجة عن استخدام المواد الخطرة أو السامة الموجودة بالمنزل أو تخزينها مثل المنظفات المنزلية ، والمبيدات الحشرية ، والإيروسولات ، والأدوية ، والكيماويات المستخدمة لحفظ الأخشاب ، ومواد التلميع .

ومن الموضوعات التى يجب أن يتضمنها برنامج التربية البيئية الجيد : المشروعات البيئية والتكنولوجية ، والمناهج البينية التى تتضمن الطاقة ، واستخدام الأراضى ، والتلوث ، ومداخل أساسية فى تدريس العلوم ، والعلوم الفيزيائية والبيولوجية ، وعلوم الأرض وعلاقتها بالبيئة ، والعلاقة بين العلم والتكنولوجيا والمجتمع ، والإعداد لعالم الغد ، واستقصاء الحياة البرية من خلال التعليم فى حديقة الحيوان ، والسكان ، والمحافظة على الحياة البرية وبقاء الأنواع ، والتعليم البيئى الموجه نحو المهنة **Environmental Career Oriented** .

ونظراً لقلق المجتمع الزائد من التأثيرات الضارة التى تسببها النفايات الكيميائية على كل من البيئة والصحة الإنسانية ، فقد أشار بعض الباحثين إلى الموضوعات التى يجب تضمينها فى برامج العلوم البيئية بهدف زيادة وعى الطلاب بالمشكلات الناتجة عن النفايات الخطرة وهى : القمامة والمخلفات ، وإعادة التدوير ، وتكنولوجيا التخلص من النفايات ، والقضايا الاجتماعية البينية **Interdisciplinary** . والأنظمة البيئية ، وانقراض الأنواع ، وديناميكيات

السكان ، والأنظمة الزراعية والتحكم المثالى ، ونوعية الهواء ، ونوعية الماء ، والنفايات الصلبة ، والطاقة والبيئة ، والتلوث الضوضائى .

وبهدف إكساب طلاب المرحلة الثانوية الوعى بالمشكلات التى تواجههم فى بيئتهم ، والبدائل المناسبة لحل هذه المشكلات صمم قسم التربية بولاية لويزيانا مقرراً يهدف إلى مساعدة الطلاب على استخدام المبادئ العلمية لدراسة عمليات البيئة ، وفحص التغيرات التى تحدث فيها ، وتحديد كل من الأنشطة الطبيعية والمستحدثة بفعل الإنسان التى تسهم فى إحداث تغييرات فى البيئة ، وتوضيح النواحى الاجتماعية والاقتصادية والسياسية للبيئة ، وتضمن المقرر الموضوعات الآتية : البيئة (البيئة الطبيعية والإنسانية) ، والموارد (التربة والزراعة والماء والثروات الأرضية والغابات والحياة البرية والهواء والمعادن) ، والطاقة (المصادر الرئيسة والبدائل) ، والتلوث وصحة البيئة (تلوث الماء والهواء والنفايات الصلبة والخطرة والمبيدات والإشعاع والمضافات الغذائية والضوضاء والتأثيرات الوبائية) .

وتسهم دراسة الطلاب لبرنامج متناسق فى التربية البيئية يركز على المشكلات البيئية وكيفية الحد من حدوثها فى تكوين اتجاهات وسلوكيات إيجابية لدى الطلاب ، لذلك يجب أن يتضمن البرنامج المدرسي مشكلات بيئية حقيقية يمكن أن يواجهها الطلاب فى المدرسة أو خارجها بهدف تنمية كل من المعارف والمهارات والاتجاهات التى تنتقل معهم إلى مواقف الحياة خارج المدرسة ، ومن الموضوعات والمشكلات البيئية التى يجب تضمينها فى البرنامج المدرسى : إعادة التدوير ، والبلاستيك ، واستخدام المياه ، وبقاء الطاقة ، ومعالجة النفايات،

والبيئة ، ونمو النباتات ، وتجريف التربة ، والحياة البرية ، والتلوث ، والأنواع المعرضة للانقراض ، والسلاسل الغذائية وشبكات الغذاء ، والتـوازن البيئـى ، والطاقة (الوقود الحفرى ، والمولدات ، والمفـاعلات النوويـة ، والبطاريـات الشمسية ، والطواحين الحديثة ، وتحليل المـاء) ، وحفـظ المـوارد البيئيـة (التعدين ، واستهلال المياه ، وتلوث المياه ومعالجته ، وبقـع الزيـت ، وتلـوث الهواء ، والمطر الحمضى ، وتأثير البيت الزجاجى .

وحددت مؤسسة التربية البيئية بالولايـات المتحـدة الأمريكيـة (٦٠٠) مفهوم رئيس يحتاجها تحقيق أهداف التربية البيئية ، والمتمثلـة فـى المعرفـة والاتجاهات والمهارات والدوافع ، وتقدم هذه المفاهيم من خـلال ثلاثـة أقسـام رئيسة هى :

١) الأنظمة الطبيعية وتتضمن : المكونات غير الحيـة ، والمكونـات الحيـة ، والعمليات ، والأنظمة البيولوجية .
٢) الموارد وتتضمن : الموارد الطبيعية ، والموارد غير الحيـة ، والمـوارد الحية ، واستنزاف الموارد .
٣) الأنظمة الإنسانية وتتضمن : الإنسان والبيئـة ، والأنظمـة التكنولوجيـة ، والأنظمة الاجتماعية ، والوعى البيئى وحماية البيئة .

أساليب تضمين مفاهيم العلوم البيئية والتربية البيئية فى المناهج الدراسية

أصبح من أهم التحديات التى تواجهها المؤسسات التربوية تحديد الطريقـة

الفعالة لإدخال مفاهيم العلوم البيئية ــ بفروعها المختلفــة ــ ومفــاهيم التربيــة البيئية فى خطة التعليم بمراحله المختلفة ، وتوجد عدة مداخل رئيسة يمكن مــن خلالها تحقيق ذلك وهى :

١) مدخل الدمج : ويتم فيه ربط المناهج الدراسية بمجالات البيئة عــن طريــق استعانة المعلم ببعض المعلومات البيئية التى لها صــلة بالموضــوع الــذى يدرسه التلاميذ .

٢) مدخل التكامل : ويتم فيه إعداد برامج دراسية متكاملة تتكامل فيها المفــاهيم البيئية مع مفاهيم المناهج الدراسية الأخرى ، مثال ذلك تضــمين موضــوع التلوث البيئى ضمن مناهــج العلوم ، ويطلق بعض المربين على هذا المدخل " مدخل الموضوعات " .

٣) مدخل الوحدات الدراسية المستقلة : ويتم فيه إضافة وحدة دراســية تعــالج إحدى قضايا البيئة أو مشكلاتها إلى بعض المناهج الدراسية ، مثــل إضــافة وحدة " الطاقة " لمنهج العلوم .

٤) المدخل المستقل : ويعنى تقديم العلوم البيئية أو التربية البيئية كمنهج مستقل قائم بذاته تتكامل فيه فروع المعرفة المختلفة .

ويعد مدخل التكامل من أنسب المداخل لتقديم التربية البيئية لطلاب المرحلة الثانوية ، حيث يتيح هذا المدخل الفرصة لتقديم مفاهيم وقضايا التربيــة البيئيــة بطريقة غير مباشرة لا تأخذ طابع النصح والإرشاد ، كما أن هذا المدخل التكاملى يتيح الفرصة لمعالجة الخلفية العلمية لأية قضية بيئية بتعمق أكثــر مــن خــلال المنهج الدراسى الذى يتعرض له .

أما فى المرحلة الجامعية فيمكن تقديم التربية البيئية فى صـورة بـرامج مستقلة ، يمكن من خلالها أن تتوافر للطالب حصيلة من المعلومات والحقائق التى تساعد على تعميق فهمه للبيئـة ، وتكسـبه الـوعى والخلـق البيئـى السـليم والاتجاهات البيئية المرغوبة .

ورأى خبراء التربية أنه قد يكون من الأفضل الجمع بين مدخلين ، فيكـون المبدأ السائد فى جميع مناهج التعليم هو المدخل البيئى مـع تخصـيص وحـدة منهجية يكون التركيز فيها على التربية البيئية المتعلقة بمجال المادة التى يدرسها الطالب ، فمثلاً فى دراسة الكيمياء يمكن أن تكون دراسـة جميـع موضـوعات المنهج من منظور بيئى مع تخصيص وحدة واحدة تركـز مـثلاً علـى بعـض الممارسات الخاطئة والمدمرة للبيئة من منظور المعلومات الكيميائية عن تكـون الغازات الضارة الناتجة عن الاحتراق فى وقود السيارات أو المصـانع ، وكـذلك تلوث مياه نهر النيل ووسائل الوقاية منه وتنمية القيم المرتبطة بذلك .

مراجع القسم الأول

لمزيد من التفاصيل يمكنك الرجوع إلى المراجع والدراسات الآتية :

١) إبراهيم عصمت مطاوع (١٩٩٥) : *التربية البيئية فى الوطن العربى* ، القاهرة : دار الفكر العربى .

٢) صبرى الدمرداش (١٩٨٨) : *التربية البيئية ـ النموذج والتحقيق والتقويم* ، القاهرة : دار المعارف .

٣) محمد السيد جميل (١٩٨٣) : *كيفية إدماج مفاهيم التربية البيئية داخل المواد الدراسية للمرحلة الثانوية* ، القاهرة : مطبعة العاصمة .

٤) محمد سعيد الصباريني ويحيى فرحان وتوفيق مرعى (١٩٩٣) : *التربية البيئية* ، سلطنة عمان : وزارة التربية والتعليم .

٥) محمد صابر سليم (١٩٩٠) : *تدعيم التربية البيئية ونشر الوعى البيئى فى مصر (دراسة حالة)* ، دراسات فى المناهج وطرق التدريس ، العدد الثامن ، ص ص ١ ـ ١٧ .

٦) يوسف صلاح الدين قطب (١٩٩٤) : " *المدخل البيئى فى تطوير المناهج الدراسية* " ، صحيفة التربية ، العدد الثالث ، السنة (٤٥) ، ص ص ٣ ـ ٨ .

7) **Dashefsky, H. Steven (1995); *Kids Can Make A Difference! Environmental Science Activities,* New York, TAB Books.**

8) **Kutscher, Eugene (1991);** ***Hands-on Environmental Science Activities, Teacher's Edition,*** **First Edition, Maryland, Alpha publishing Co., Inc.**

9) **Powell, Richard R. and Others (1994); "Toward A Global Understanding of Nuclear Energy and Radioactive Waste Management", International** ***Journal of Science Education,*** **Vol. 16, No. 3, pp. 253-263.**

10) **Weis, Judith S. Comp. (1992); Undergraduate Environmental Science Education, Report on A Workshop at The Annual Meeting of The American Institute of Biological Science of Scientific Societies (42nd , San Antonio, Texas, August 7-8).**

القسم الثاني

العلوم البيئية

- المكونات غير الحية للبيئة .
- الدورات البيئية .
- المشكلات البيئية .
  - مشكلة التلوث .
  - مشكلة الإخلال بالتوازن الطبيعى للبيئة .
  - مشكلة استنزاف موارد البيئة .
- دور الكيمياء فى علاج المشكلات البيئية .



الفصل الأول

المكونات غير الحية للبيئة

- الغلاف الجوى .
- المحيط المائى .
- اليابس .



الفصل الأول

المكونات غير الحية للبيئة

تمثل البيئة نظاماً كبيراً ومعقداً يتكون من مجموعة من المكونـــات الحيـــة وغير الحية تتفاعل فيما بينها مؤثرة ومتأثرة ، وتحكمها علاقات أساسية تحفــظ لها تعقيدها ومرونة اتزانها .

ويمكن تعريف البيئة بأنها ذلك الإطار الذى يعيش فيه الإنسان مؤثراً فيـــه ومتأثراً به ، وتتمثل فى كل ما يحيط بالإنسان من هواء وماء وتربة ومخلوقـــات حية وغير حية .

وترتبط حياة الإنسان ببيئته التى يعيش فيها ، وبكيفية تعامله معها ومـــع مصادرها بطريقة تكفل له حسن استغلالها ، وتحفظ لها تعقيدها ومرونة اتزانها .

ويطلق على هذه البيئة اسم " البيئة البيوفيزيائية " حيث يشير المقطع "بيو" إلى المكونات الحية فى البيئة ، مثل النباتات والحيوانات التى تعيش على ســطح التربة وفى بحارها وأنهارها ، بينما يشير المقطع " فيزيائية " إلى المكونات غير الحية ، التى تتمثل فى الغلاف الجوى والمحيط المائى واليابس .

فما المقصود بالغلاف الجوى ؟ وكيف تكون ؟ وما أهم المكونات الكيميائية فيه ؟ وكيف تتفاعل هذه المكونات فى البيئة الطبيعية ؟
وما المحيط المائى ؟ وما أهم المواد الكيميائية الموجودة فيه ؟
ومم يتكون اليابس ؟ وكيف تتفاعل المواد الكيميائية الموجودة فى كل مكون من هذه المكونات ؟

يمكنك الإجابة عن كل هذه التساؤلات وغيرها بعد دراستك للفصل الحالي .

الغلاف الجوى Atmosphere

يقصد بالغلاف الجوى الجزء الغازى الذى يحيط بالكرة الأرضية إحاطة تامة ، ويعتقد العلماء أن الغلاف الجوى المحيط بالأرض الآن يختلف كثيراً عن الغلاف الجوى الذى كان يحيط بالأرض عند بداية تكوينها ، ويختلف أيضاً عن الغلاف الجوى الذى سوف يكون محيطاً بالأرض بعد مليون عام من الآن ، وذلك لأن هناك تغييراً يحدث فى كل لحظة للغلاف الجوى المحيط بالأرض .

ففى الحقب الأوزوى (ما قبل الحياة) أى منذ حوالى (٤٧٠٠) مليون سنة كان للأرض غلاف جوى بسيط ناتج عن غازات بداية تكوين الأرض ، وغازات أخرى ناتجة عن الانفجارات البركانية التى حدثت للأرض فى هذه الفترة ، وكان هذا الغلاف البسيط يتكون من غازات ثانى أكسيد الكربون والنيتروجين

والهيدروجين وبخار الماء .

وفى نهاية الحقب الأوزوى ، أى منذ حوالى (٣٦٠٠) مليون سنة ، ونتيجة لتأثير القمر على الأرض خرجت الماجما الساخنة من باطن الأرض – نتيجة للمد والجزر الناتجين عن القمر – وهى عبارة عن كتل كبيرة من الصخور النارية المحملة بالغازات ، وانطلقت هذه الغازات إلى الغلاف الجوى المحيط بالأرض ، مما ساعد على زيادة غازات الغلاف الجوى وزيادة حركتها فيه ، وكانت نسبة الأكسجين الحر فى الغلاف الجوى فى هذا الوقت أقل من (١%) من نسبته الآن .

وبتوالى العصور والأحقاب الزمنية حدثت تغيرات فى نسبة غاز الأكسجين بين الزيادة والنقص حتى وصلت إلى ما هى عليه الآن ، ثم حدث ثبات لهذه النسبة فى الغلاف الجوى .

مم يتكون الغلاف الجوى الحالى المحيط بالكرة الأرضية ؟

يتكون الغلاف الجوى الحالى من خليط من الغازات هى النيتروجين والأكسجين والأرجون وثانى أكسيد الكربون ، وتكون هذه الغازات حوالى (٩٩.٩٨٧%) من الغلاف الجوى السفلى **Lower atmosphere** (التروبوسفير) ، كما توجد سبعة غازات أخرى تكون حوالى (٠.٠٠٢٧%) من الغلاف الجوى السفلى هى النيون والهيليوم والميثان والكربتون والهيدروجين وأكسيد النيتريك والزينون .

وقد نتجت معظم العناصر المكونة للغازات الموجودة فى الغلاف الجوى السفلى عن سطح الأرض ، ثم عادت إلى سطح الأرض مرة أخرى فى حركة دورانية نتيجة لعدة عوامل منها : الجاذبية الأرضية ، وذوبان هذه العناصر فى مياه الأمطار والثلوج .

ويوجد بالغلاف الجوى أيضاً جزيئات لمواد أخرى نتجت عن الأماكن القاحلة الجافة الموجودة على سطح الأرض ، ومن أمثلة هذه المواد الكوارتز والميكا والكالسيوم والفلسبار ، بالإضافة إلى جزيئات من الأملاح البحرية والأمونيا ، وقد وصلت هذه الجزيئات إلى الغلاف الجوى عند زيادة نسبة الرطوبة فى الهواء .

هذا بالإضافة إلى مركبات ومواد أخرى توجد بالغلاف الجوى نتيجة لانفجار البراكين وتحلل المواد العضوية ، ونتيجة العمليات الصناعية والأنشطة البشرية المختلفة التى ينتج عنها احتراق كميات كبيرة من الفحم والبترول .

ولكن ما فائدة هذا الغلاف الجوى ؟ وما السبب فى وجوده حول الكرة الأرضية ؟

تتميز مكونات الغلاف الجوى بتوازن حيوى بالغ الحساسية ، ويلعب دوراً مهماً فى تأمين وحماية شتى صور الحياة على الأرض ، فهو يوفر الأكسجين الذى لا تستقيم حياة الإنسان والحيوان بدونه ، ويحتوى على بخار الماء الذى يقوم بدور رئيس فى تغيرات الطقس ، وتشكل السحب ، وتكون الجليد ، وهطول

الأمطار ، وتكاثف الضباب ، كما توجد به طبقة الأوزون التى تمثل الدرع الواقى الذى يمتص معظم الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس ، وبذلك تحمى مختلف أشكال الحياة الموجودة على سطح الأرض من تأثيراتها الضارة .

هذا بالإضافة إلى أن لهذا الغلاف أهميته الجيولوجية من حيث نشاطه الكيميائى الفيزيائى الذى يؤثر تأثيراً فعالاً على سطح الأرض ، إذ يؤكسد الأكسجين المعادن والصخور التى تكون القشرة الأرضية مكوناً مواداً جديدة ، كما أن ثانى أكسيد الكربون القابل للذوبان فى الماء يكسبه قدرة ملموسة على إذابة بعض الصخور وخاصة الجيرية منها ، كما يتضح النشاط الفيزيائى لهذا الغلاف فى تأثير الرياح على صخور القشرة الأرضية وتكسيرها ونقلها من مكان إلى آخر .

طبقات الغلاف الجوى

أثبتت الدراسات التى أجريت على الغلاف الجوى باستخدام مناظير الرصد أنه يتغير فى ضغطه وتركيبه ودرجة حرارته بزيادة الارتفاع عن سطح الأرض . وقد أمكن تقسيم الغلاف الجوى إلى طبقات تبعاً لتركيبه ، وتبعاً لدرجات حرارته المقاسة كما يتضح مما يلى :

(١) تقسيم الغلاف الجوى تبعاً لتركيبه

أمكن تقسيم الغلاف الجوى تبعاً لتركيبه إلى طبقتين كبيرتين هما

الهوموسفير والهيتيروسفير .

الهوموسفير Homosphere

وهى طبقة متجانسة تمتد من سطح الأرض وحتى ارتفاع حوالى (٨٨.٥) كيلو متراً من سطح الأرض ، وتتميز هذه الطبقة بثبات تركيب مخلوط الغازات التى يتكون منها الغلاف الجوى ، فنجد أن نسبة المكونات الرئيسة للغلاف الجوى شبه ثابتة ، فنسبة النيتروجين (٧٨.١%) ، والأكسجين (٢٠.٩٤%) والأرجون (٠.٩٣٤%) وثانى أكسيد الكربون (٠.٠٣٣%) .

الهيتيروسفير Heterosphere

وهى طبقة الغلاف الجوى التى تمتد إلى أكثر من ارتفاع (٨٨.٥) كيلو متراً من سطح الأرض ، وتتكون من خليط من الغازات المتهيجة المضطربة ، وتنفصل جزيئات هذه الغازات وذراتها عن بعضها البعض ثم ترتب نفسها فى شكل طبقات ، تكون أسفلها طبقات الذرات الثقيلة ، كما يتضح مما يلي :

أ- طبقة النيتروجين الجزيئى : وتمتد من ارتفاع (٨٨.٥) كيلو متراً وحتى ارتفاع (٢٠٠) كيلو متر من سطح الأرض .

ب- طبقة الأكسجين الذرى : وتمتد من ارتفاع (٢٠٠) كيلو متر وحتى ارتفاع (١١٢٥) كيلو متراً من سطح الأرض .

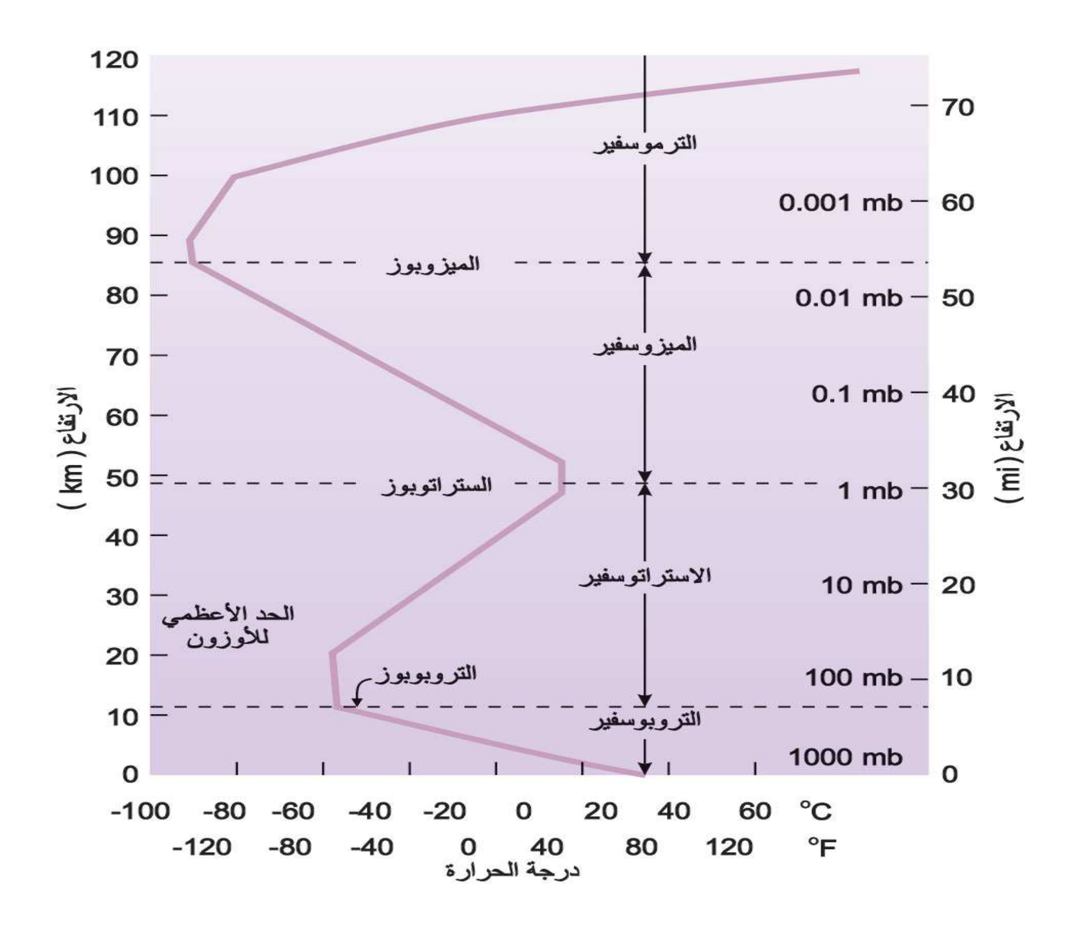
ج- طبقة الهيليوم : وتمتد من ارتفاع (١١٢٥) كيلو متراً وحتى ارتفاع

(٣٥٤٠) كيلو متراً من سطح الأرض .

د- طبقة الهيدروجين : وتمتد من ارتفاع (٣٥٤٠) كيلو متراً وحتى أكثر من (٩٦٥٥) كيلو متراً من سطح الأرض .

(٢) تقسيم الغلاف الجوى تبعاً لدرجة حرارته

يوضح شكل (١) تقسيم الغلاف الجوى إلى طبقات تبعاً لدرجة حرارته مع بيان بتوزيع بعض المواد الكيميائية فى كل طبقة من هذه الطبقات ، مع ملاحظة أن عمق كل طبقة يختلف يومياً ، وعلى ذلك فإن شكل (١) يعد شكلاً تقريبياً .



شكل (١)

تغير درجة الحرارة وتوزيع بعض المواد الكيميائية فى الغلاف الجوى

يتضح مــن الشكل السابق أن الغلاف الجــوى ينقســم تبـــعاً لــدرجات حرارته إلى أربع طبقــات هـــى التروبوســفير والإستراتوســفير والميزوســفير والثرموسفير .

وتحتل الطبقات الثلاث الأولى نفس مستوى الارتفاع الذى توجد فيه طبقـــة الهوموسفير الموجودة فى التقسيم السابق ، بينما تحتل طبقة الثرموسفير نفــس مستوى ارتفاع طبقة الهيتيروسفير .

وسوف نستعرض فيما يلى طبقات الغلاف الجوى الأربـــع مـــع توضـــيح لارتفاع كل منها عن سطح الأرض ، ودرجة حرارة كل منها ، وأهــم المكونـــات الكيميائية الموجودة فى كل طبقة .

طبقة التروبوسفير Troposphere

وتمتد هذه الطبقة من سطح الأرض وحتى ارتفاع (١١) كيلو متراً ، وتعد أكثف الطبقات المكونة للغلاف الجوى وأثقلها ، وتحتوى على كــل بخــار المـــاء الموجود فى الغلاف الجوى تقريباً ، كما تتميز هذه الطبقة بكثرة تهيج الغـــازات الموجودة فيها واضطرابها وحركتـــها لأنـــــها تحتـــــوى علـــى كـــل الســـحب والعواصف ، وتنخفض درجة الحرارة داخـــل التروبوسفير كلما ارتفعنا إلى أعلى إلى أن نصل إلى مستوى لا يحدث فيـــه انخفـــاض لدرجـــة الحـــرارة ، يســـمى التروبوبوز Tropopause وهو الحـــد الفاصـــل بـــين طبقتـــى التروبوســـفير والإستراتوسفير .

طبقة الإستراتوسفير Stratosphere :

وتمتد مــن ارتفاع (١١) كيلو متراً من سطح الأرض وحتى (٤٨) كيلــو متراً ، ويوجد فى مركز هذه الطبقة مكان تكوين غاز الأوزون ، ويوجــد أعلــى تركيز لغاز الأوزون على ارتفاع يتراوح بين (١٩ ــ ٣٠) كيلو متراً من سطح الأرض وترتفع درجة الحرارة تدريجياً داخل هذه الطبقة كلما ارتفعنا إلــى أعلــى إلى أن نصل إلى ارتفاع (٤٨) كيلو متراً من سطح الأرض ، حيث يحدث ثبات فى درجة الحرارة عند مستوى يسمى إستراتوبوز **Stratopause** ، ولا يوجد هواء بارد داخل طبقة الإستراتوسفير ، فكل الهواء ساخن ، وبخار الماء قليــل جــداً ، والسحب نادرة .

والمواد الكيميائية الأساسية الموجودة فى طبقة الإستراتوسفير هى غازات النيتروجين والأكسجين والأوزون بالإضافة إلى بعض الماء ، وهذه المواد نشطة كيميائياً بسبب تفاعلها من الأشعة فوق البنفسجية الشمسية .

ويعرف تفاعل المواد الكيميائية مع الأشعة الصادرة عــن الشــمس باســم التفاعلات الكيميائية الضوئية ، وهى تختلف تمامــاً عــن التفــاعلات التقليديــة المعروفة على سطح الأرض ، ويؤدى امتصاص المواد الكيميائية المختلفة لهــذه الأشعة إلى تكون مواد منشطة **activated** بالإضافة إلى تكون مواد جديدة .

فعلى سبيل المثال تحفز الأشعة فوق البنفسجية ذات الطول الموجى الأقــل من (٢٤٢ نانومتر) التفاعل الآتى :

$$O_2 + h\upsilon \longrightarrow O + O^*$$ (أكسجين ذرى)

ويتفاعل الأكسجين الذرى الناتج مع الأكسجين الثنائى مكوناً الأوزون .

$$O^* + O_2 + M \longrightarrow O_3 + M^*$$

حيث يمثل M جسيماً فى الغلاف الجوى ، ويساوى النانومتر عشرة انجستروم ($1\ nm = 10\ A^\circ$) .

ويمتص الأوزون الأشعة فوق البنفسجية ذات الطول الموجى الأقل من (٣٤٠ نانومتر) ، أو يتحد بذرة أكسجين مكوناً الأكسجين الجزيئى ، تبعاً للمعادلات التالية :

$$O_3 + h\upsilon \longrightarrow O_2 + O$$
$$O_3 + O \longrightarrow 2\,O_2$$

وتحدث فى طبقة الإستراتوسفير تفاعلات أخرى منها على سبيل المثال :

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$
$$NO_2 + O \longrightarrow NO + O_2$$
$$NO_2 + h\upsilon \longrightarrow NO + O$$

$(\lambda < 400\ nm)$

طبقة الميزوسفير Mesosphere :

وتمتد من ارتفاع ٤٨ كيلو مترا إلى ٩٠ كيلو مترا من سطح الأرض ، ويحدث فيها انخفاض لدرجة الحرارة كلما ارتفعنا إلى أعلى إلى أن تثبت عند مستوى معين يمثل أقل درجة حرارة فى الغلاف الجوى كله ، ويسمى هذا المستوى الميزوبوز Mesopause .

طبقة الثرموسفير Thermosphere :

وتمتد من ارتفاع ٩٠ كيلو مترا عن سطح الأرض ، ويحدث فيها زيادة سريعة فى درجة الحرارة كلما ارتفعنا إلى أعلى .

والسبب فى هذا الارتفاع فى درجة الحرارة هو حدوث تفاعلات كيمو ضوئية Photochemical ناتجة عن امتصاص الأشعة التى يتراوح طولها الموجى بين (١٣٥) و (١٧٦) نانومتر ، ومن أمثلتها تفكك غاز الأكسجين إلى أكسجين ذرى .

$$O_2 \xrightarrow{h\nu} O + O$$

ويسمى الجزء المتأين من طبقة الثرموسفير بإسم الأيونوسفير Ionosphere ، وذلك لحدوث تأين للمواد الكيميائية الجزيئية والذرية فى المستويات المنخفضة من هذا الجزء .

أما الكيموسفير **Chemosphere** فهى المساحة من الغلاف الجوى التـــى تحدث فيها تأثيرات كيميائية بواسطة الأشعة الشمســية ، وتغطــى الكيموســفير تقريباً طبقتى الهوموسفير والهيتيروسفير ، حيث تمتد من الحــد الفاصــل بــين طبقتى التروبوسفير والإستراتوسفير ، وحتى ارتفاع حوالى (١٩٥) كيلو مترا من سطح الأرض .

وتسمى المنطقة من الكيموسفير التى ينتج فيها غاز الأوزون باسم طبقــة الأوزون أو الأوزونوسفير **Ozonosphere** وهى عبارة عن غلاف مــن غــاز الأوزون يحيط بالأرض ، ويحدث فى هذه الطبقة تفكك لغاز الأكســجين الجزيئــى إلى أكسجين ذرى ، ثم تتحد ذرة من الأكسجين مع جــزئ منــه لتكــوين غــاز الأوزون ، ويصاحب هذه العملية انطلاق حرارة .

ويقوم الأوزون بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية المنبعثة من الشــمس ، ولهذه الأشعة تأثيرات ضارة إذا وصلت إلى سطح الأرض ، فهى تؤدى إلى زيادة مرض سرطان الجلد ، وارتفاع كبير فى درجة حرارة الأرض لا يمكن أن يتحمله الإنسان والحيوان والنبات ، مما يهدد بحدوث تأثيرات ونتائج ســيئة يمكــن أن تعرض الحياة على سطح الأرض إلى الانقراض .

وبالرغم من هذا الدور المهم الذى تقوم به طبقة الأوزون فــى مســتويات الجو العليا ، فإن هذا الغاز يعد من العوامل الملوثة شــديدة الخطــورة للهــواء الجوى فى الأماكن القريبة من سطح الأرض .

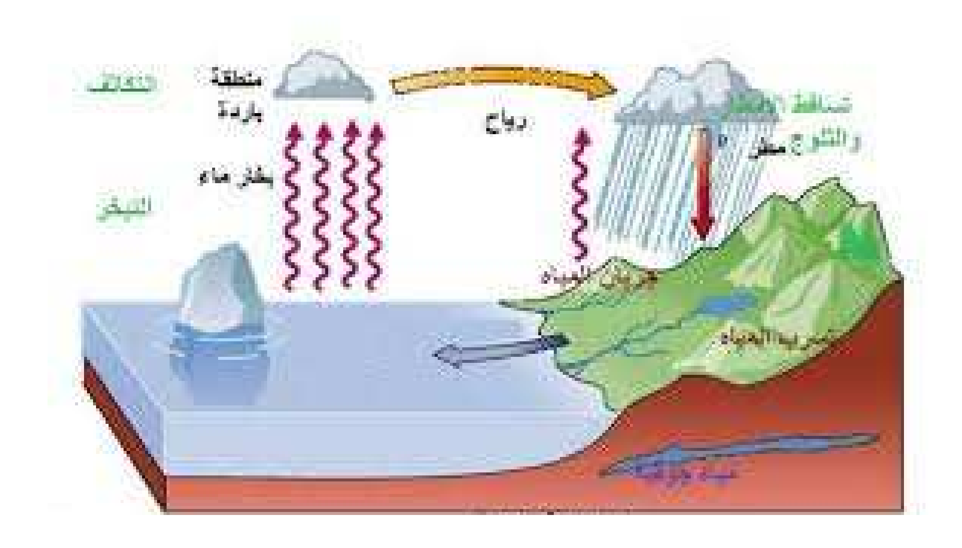
ويصل التركيز العادى لغاز الأوزون فى الهواء الجوى العادى إلى حـــوالى (٠.٠٢) جزء من المليون ، أما إذا زاد هذا التركيز زيادة طفيفـــة ، تصـــل إلـــى حوالى جزء من المليون ، فإنه يسبب التهابا فى الأغشـــية المخاطيـــة للإنســـان والحيوان الذى يتعرض له ، وقد يؤدى إلى إصابته بالتسمم .

المحيط المائى Hydrosphere

يتمثل المحيط المائى فى مياه المحيطات والبحار والبحيـــرات والأنهـــار ، ويغطى حوالى (٧٠%) من سطح الأرض ، هذا بالإضافة إلى وجود كميات كبيرة من الماء مرتبطة بغلاف الأرض وكذلك بالقشرة الخارجية لها فى شكل مركبـــات مائية متعددة .

وللماء أهمية رئيسة فى حياتنا ، حيث تعتمد كل الكائنات الحية ــ بدرجات متفاوتة ــ على وجود الماء .

ويعبر شكل (٢) عن دورة الماء فى الطبيعة .



شكل (٢)

دورة الماء فى الطبيعة

المواد الكيميائية الذائبة فى المياه الطبيعية

تحتوى المياه الطبيعية على بعض المواد الكيميائية الذائبة فيها ، فهل تحتوى مياه الأنهار ومياه البحار على نفس المواد ؟ وهل توجد هذه المواد بنفس النسب فى كل من مياه النهر ومياه البحر ؟

تحتوى مياه الأنهار على ثانى أكسيد الكربون فى حالة اتزان مع نظيره فى

الغلاف الجوى ، كما تحتوى على كميات قليلة من حمــض النيتريــك وحمــض الكبريتيك سواء من المصادر الطبيعية أم نتيجة للأنشطة الإنسانية .

ويتراوح الرقم الهيدروجينى لماء النهر بين (٥) و (٦) وتزيد حامضــيته بزيادة البقايا العضوية المتحللة فيه ، أما إذا تفاعل هذا الماء مع المواد الموجودة فى القشرة الأرضية أو أذابها فإنه يصبح قلوياً معتدلاً Mildly Alkaline كمـا يتضح من المعادلات الآتية :

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Ca^{2+} + 2\,HCO_3^-$$

$$Mg_2SiO_4 + 4\,H_2O \longrightarrow 2\,Mg(OH)_2 + Si(OH)_{4\,(soln)}$$

$$2\,Mg(OH)_2 \rightleftharpoons 2Mg^{2+} + 4\,OH^-$$

وتحمل هذه الأيونات الذائبة فى النهاية إلى المحيطات .

ويوضح جدول (١) بعض المواد الذائبة فى المياه الطبيعية وتركيزاتها فى كل من مياه البحار ومياه الأنهار .

جدول (١)

بعض المواد الكيميائية الذائبة فى مياه البحر ومياه النهر

النوع	التركيز فى مياه البحر $g\ Kg^{-1}$	التركيز فى مياه النهر $g\ Kg^{-1}$
Cl^{-}	١٨.٩٨	٠.٠٠٧٨
Na^{+}	١٠.٥٤	٠.٠٠٦٣
SO_4^{2-}	٢.٤٦	٠.٠١١٢
Mg^{2+}	١.٢٧	٠.٠٠٤١
Ca^{2+}	٠.٤٠	٠.٠١٥
K^{+}	٠.٣٨	٠.٠٠٢٣
HCO_3^{-}	٠.١٤	٠.٠٥٨٤
Br^{-}	٠.٠٦	–
H_3BO_3	٠.٠٢	–
Fe^{2+}	–	٠.٠٠٠٠٦

يلاحظ من الجدول السابق أن كميات المواد الكيميائية الأساسية الذائبة فى مياه البحر تتبع الترتيب الآتى فى حالة كل من الكاتيونات والأنيونات :

$Na^{+} > Mg^{2+} > Ca^{2+} > K^{+}$

$Cl^{-} > SO_4^{2-} > HCO_3^{-}$

بينما يختلف هذا الترتيب فى مياه النهر ويصبح كالآتى :

$Ca^{2+} > Na^{+} > Mg^{2+} > K^{+}$

$HCO_3^{-} > SO_4^{2-} > Cl^{-}$

ويفترض أن مياه البحر فى حالة ثابتة Steady State بمعنى أن معدل إضافة أى عنصر إليها يساوى معدل إزالته منها ، وتعتمد إزالة المواد الكيميائية من مياه البحر على بعض العوامل منها : الرقم الهيدروجينى PH وخواص الأكسدة والاختزال Redox ، والذوبانية Solubility والكيمياء الحيوية الخاصة بالمواد الكيميائية .

كما تعتمد الأشكال الكيميائية للعنصر فى مياه البحر على طبيعة الأنواع الأخرى الموجودة ، وعلى الرقم الهيدروجينى ، وعلى طبيعة أيونات الفلز والمجموعات المترابطة ، وعلى الثبات النسبى للأنواع المتكونة .

فعلى سبيل المثال تميل الكاتيونات الصغيرة والكاتيونات ذات الشحنة المرتفعة مثل Fe^{3+} , Al^{3+} , Na^{+}, Co^{3+} ، وهى ليست قطبية ، إلى الارتباط بمرتبطات Ligands صغيرة غير قطبية مثل F^{-} , OH^{-} , H_2O ، بينما تميل

الكاتيونات الكبيرة القطبية مثل Cu^{2+} , Bi^{3+} , Hg^{2+} للارتباط بمرتبطات كبيرة قطبية مثل CN^- , S^{2-} , I^- .

وفيما يلى توضيح لبعض خواص بعض العناصر الذائبة فى المياه الطبيعية :

أ) الكلور :

ويوجد على هيئة أيونات Cl^- لأنه لا يكون متراكبات ثابتة مع أيونات الفلز فى الماء .

ب) الصوديوم :

ويوجد فى صورة أيونات Na^+ تتميز بأطول زمن بقاء residence time فى مياه البحر ، مما يدل على قلة تفاعلية أيونات الصوديوم فى البيئة البحرية ، ويتحقق اتزان أيونات +Na من خلال استبدال الأيون ino-exchange مع الطفل الرسوبى Sedimentary clays .

$$\underset{soln}{Na^+} + \underset{solid}{M\text{-}clay} \rightleftharpoons \underset{solid}{Na\text{-}clay} + \underset{soln}{M^+}$$

ج) البوتاسيوم :

ويزال بسهولة أكثر من مياه البحر من خلال عملية مشابهة لاستبدال الأيون .

د) الماغنسيوم :

ويوجد فى المياه نتيجة لتأثير عوامل التعرية علـــى صـــخور الســـيليكات والكربونات ، كما يتضح من المعادلات التالية :

$$MgCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Mg^{2+} + 2\,HCO_3^-$$

$$MgSiO_3 + 2\,CO_2 + 3\,H_2O \rightarrow Mg^{2+} + 2\,HCO_3^- + Si(OH)_4$$

ه) الكالسيوم :

وتقترب المياه السطحية للبحر من التشبع بكربونات الكالسيوم $CaCO_3$ ، ويتم إزالة أيونات الكالسيوم التى تضاف إلى مياه البحر عـــن طريـــق العمليـــات البيولوجية ، مثل تكوين كربونات الكالسيوم (الكالسيت Calcite والأراجونيـــت Aragonite) فى مرجانات وقواقع البحر .

ومن علاقة حاصل الإذابة Solubility Product لكربونـــات الكالســـيوم يمكنك استنتاج أنه إذا زاد تركيز أيونات CO_3^{2-} فإن تركيز أيونات Ca^{2+} ســـوف يقل ، وعلى ذلك ترتبط خواص أيونات الكالسيوم Ca^{2+} وكميتها فى مياه البحـــر بكمية أيونات الكربونات والبيكربونات الموجودة .

و) الكبريت :

ويوجد فى مياه البحر فى صورة أيونات SO_4^{2-} ، ويرتبط حوالى (٦٠%) من هذه الأيونات فى شكل زوج أيونات **ion-pair** مع أيونات الصــوديوم Na^+ والماغنسيوم Mg^{2+} والكالسيوم Ca^{2+} .

وتقوم البكتريا فى الظروف اللاهوائية باختزال الكبريتات إلى كبريتيد تبعــاً للمعادلة التالية :

$$SO_4^{2-} + 2\{CH_2O\} + 2H^+ \xrightarrow{\text{desulphovibrio}} H_2S + 2CO_2 + 2H_2O$$

كربوهيدرات

ز) الكربون :

والأشكال الرئيسة للكربون الذائب فى مياه الأنهار والبحــار هــى أيونــات الكربونات CO_3^{2-} ، والبيكربونات HCO_3^- ، وثانى أكسيد الكربون $CO_{2(aq)}$ ، وتتمثل المصادر الرئيسة للكربون فــى كل مــن الهــواء ، والمــادة العضــوية المتحللة ، وتأثير عوامل التعرية على صخور الكربونات .

وتعتمد قلوية (أو حمضيــة) الميــاه الطبيعيــة على الكمية المذابة مــن ثانى أكسيد الكربون وأيونات الكربونات ، والبيكربونات ، وبعض الأنواع الأخرى مثل الفوسفات والسيليكات .

ويعد أيون البيكربونات HCO_3^- أكثر الأنواع الحمضية ــ القاعدية وجوداً فى الماء وخاصة فى مدى للرقم الهيدروجينى PH يتــراوح بــين (٦) و (٨) . ويحدث لأيون البيكربونات نوعان من الاتزان كما يتضح من المعادلات الآتية :

$$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CO_3^{2-} , \quad K_a = 4.8 \times 10^{-11}$$

$$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + OH^- , \quad K_b = 2.4 \times 10^{-7}$$

ولأن $K_a < K_b$ فإن محاليل البيكربونات تكون قلويــة نتيجــة لإنتــاج أيونات الهيدروكسيل OH^- ، ويتجه الاتزان المعبر عنه بالمعادلة التالية :

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons H_2O + CO_{2\,(aq)}$$

نحو اليمين ، حيث تقوم الطحالب باستخدام ثانى أكسيد الكربون الناتج فى عملية البناء الضوئى وبالتالى تزداد قلوية الماء .

السطح الفاصل بين الهواء والماء :

يحدث استبدال للمادة عند السطح الفاصل بين الغــلاف الجــوى والمحــيط المائى ، فيمكن أن تذوب الغازات ، وأيضاً تنتقل المواد المذابة والمياه إلى الغلاف الجوى .

وتحت الظروف المثالية ، يمكن تقدير ذوبانية الغازات باســتخدام قــانون هنرى Henry's Law الذى ينص على : يتناسب ضغط المادة المذابة المتطايرة Volatile Solute (P_B) فوق المحلول مع كسر المول mole fraction للمادة المذابة (X_B) فى المحلول .

$$P_B = K_B \; X_B$$

حيث K_B هو ثابت هنرى .

ويرتبط الضغط البخارى للمذيب solvent (P_A) بالنسبة للمحلول المخفف مع بخار السائل النقى (P°_A) بالعلاقة :

$$P_A = X_A \; P^{\circ}_A$$

حيث X_A هو كسر المول للمذيب فى المحلول

ذوبانية الغازات فى الماء

تعتمد الحياة البحرية على وجود بعض الغازات الذائبة فـــى المـــاء مثـــل الأكسجين وثانى أكسيد الكربون ، وتختلف الكمية المذابة من هذه الغازات تبعـــاً لاختلاف الظروف البيئية .

فعلى سبيل المثـــال ، تســـتخدم المـــادة العضـــوية المتحللـــة **decaying** الأكسجين لتكوين ثانى أكسيد الكربون تبعاً للمعادلة الآتية :

$$\{ CH_2O \} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

ولفقد الأكسجين بهذه الطريقة تأثير خطير على حياة الأســماك والكائنـــات البحرية ، فقد أوضح الحساب الكيميـــائى للتفاعـــل الســـابق أن (١) مـــول مـــن الأكسجين يتفاعل مع (١) مول من الكربوهيدرات ، مما يعنـــى أن (٧.٥) مللـــى جرام تقريباً من المادة العضوية سوف يستنفذ (٨) مللى جـــرام مـــن الأكســـجين المذاب فى لتر واحد من الماء .

وبفرض حدوث اتزان بين الغاز الموجود فى الهواء والغاز الموجـــود فـــى الماء أى أن :

$$A_{(g)} \rightleftarrows A_{(aq)}$$

فإن كمية الغاز المذابة يمكن حسابها باستخدام قانون هنرى السابق ذكره . ويجب الإشارة إلى أن شروط الاتزان نادراً ما تتحقق ، نتيجة لتغير كل من درجة الحرارة والضغط وحركة كل من الهواء والماء .

ويعتمد انتقال الغاز عبر السطح الفاصل بين الهواء ومــاء البحــر علــى اضطراب الغاز turbulence وحجم فقاقيعه ، ودرجة الحرارة ، ومنحنى تركيز الغاز ، حيث يحدث انتشار للغاز من الهواء إلى الماء ، أى من التركيز العالى إلى التركيز المنخفض .

اليابس Lithosphere

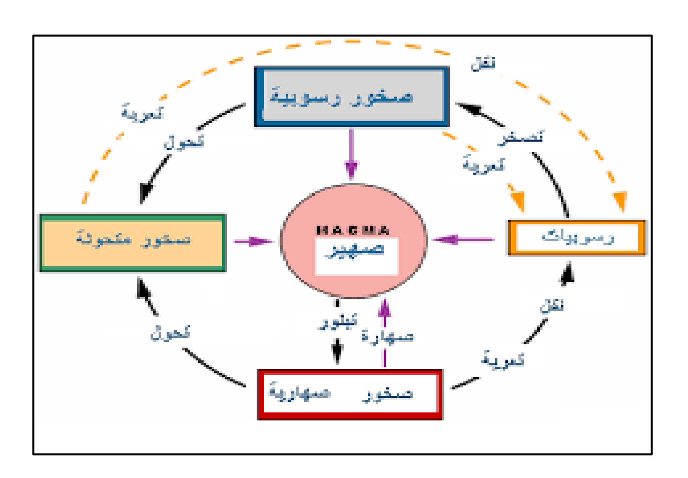
ينقسم اليابس إلى ثلاثة أقسام هى الصخور rocks والتربة soil والمــواد المترسبة sediments .

وتعد التربة أكثر هذه الأقسام اتصالاً مباشراً بالجنس البشرى .

وفيما يلى استعراض لهذه الأقسام الثلاثة مع توضيح لأهم المواد الكيميائية الموجودة فى كل قسم منها .

(١) الصخور

يوجد منها ثلاثة أنواع فى القشرة الأرضية هى الصخور النارية igneous والصخور الرسوبية sedimentary والصــخور المتحولــة metamorphic ويوضح شكل (٣) دورة الصخور فى الطبيعة التى توضح العلاقــة بــين أنــواع الصخور الثلاثة



شكل (٣)

دورة الصخور فـ الطبيعة

الصخور النارية

هى عبارة عن صهير متجمد يسمى الماجما magma ، وتتجمد الصـــخور النارية المتداخلة أسفل القشرة الأرضية ، وبالتالى تكون عملية التبريد بطيئـــة ، ويكون للصخور حجم بلورى كبير ، أما الصخور السطحية التى تتجمد فوق سطح الأرض فإنها تكون ذات حجم بلورى أصغر ، لأن عملية التبريد تتم بسرعة .

وتقسم الصخور النارية تبعاً لمحتوى ثـــانى أكســـيد الســـيليكون SiO_2 أو السيليكون Si فتسمى صخوراً حمضية acidic إذا كان محتوى SiO_2 أكبر مـــن

(٦٦%) ، وتسمى صخوراً وسيطة intermediate حينمـا يتـراوح محتـوى SiO_2 بين (٥٢%) و (٦٦%) ، وتسمى صخوراً قاعدية basic إذا احتوت على (٤٥ ـ ٥٢%) منه ، وتسمى صخوراً فوق قاعدية ultrabasic حينما يكـون محتوى SiO_2 أقل من (٤٥%) .

وأشهر أنواع الصخور الناريـة البازلت (سطحية قاعديـة) والجرانيـت (جوفية حمضية) .

الصخور الرسوبية :

وتتكون هذه الصخور ببطء من المواد المترسبة sediments ، وتتماسك الجسيمات المكونة لها مع مواد مثـل الجـبس والانهيـدريت $(CaSO_4H_2O, CaSO_4)$ والكالسيت $(CaCO_3)$ والدولوميت [$(Ca, Mg)\ CO_3$] والسـيليكا وأكاسيد الحديد والكبريتيدات .

وتحتوى الصخور الرسوبية على مواد أساسية هى الكوارتز والطفل clay والكالسيت والدولوميت ، ومواد أخرى أقل أهمية هـى الجواثيـت (FeO.OH) والهيماتيت Fe_2O_3 والهاليت والجبس .

وتوجد ثلاثة أنواع من الصخور الرسوبية هى :

- الكلاستيكية clastic : وتتضـمن الحجـر الرملـى sand stone والحجـر الغرينى siltstone والحجر الطينى mudstone .
- الكيميائية : ومن أمثلتها الدولوميت والملح الصـخرى والفلنـت والجـبس

الصخرى .

- العضوية : وتشمل الصخور المحتوية على الفحم والبترول .

الصخور المتحولة

وهى صخور كانت فى الأصل رسوبية أو نارية ثم تحولت ، تحت تأثير الضغط أو الحرارة أو تحت تأثيرهما معاً ، إلى صخور أخرى تختلف فى صفاتها وخواصها عن ما كانت عليه أولاً .

ومن أمثلة التغيرات النموذجية التى يمكن أن تحدث للصخور الرسوبية أو النارية : تغير الصخور الطينية إلى اردواز ، وتغير الحجر الجيرى إلى رخام .

(٢) التربة

تعد التربة خليطاً من المواد غير العضوية والعضوية التى يتراوح حجمها بين الجسيمات الغروية والصغيرة ، وتحتوى على كل من المواد الحية وغير الحية ، وخليط من الهواء والماء بنسب متغيرة ، ولكنها عادة فى اتزان ديناميكى ، وتمثل هذه المواد المكونات الأساسية للتربة .

المواد غير العضوية

وتشمل هذه المواد الرمل والطمى والطفل ، وتختلف هذه الأنواع الثلاثة فى حجم الجسيم ، حيث يتراوح قطر جسيمات الرمل بين (٠.٠٥) و (٢) ملليمتر ، بينما يتراوح قطر جسيمات الطمى بين (٠.٠٠٢) و (٠.٠٥) ملليمتر ، ويقل قطر

جسيمات الطفل عن (٠.٠٠٢) ملليمتر .

وتتكون التربة الرملية أساساً من الكوارتز ، وهى خفيفة ولكنها منفذة جداً للماء ، لذلك يسهل نفاذ الأملاح الذائبة منها .

ويتكون الطمى من الكوارتز مع أملاح سيليكات أخرى ، بينما يتكون الطفل من أنواع مختلفة من أملاح السيليكات وألومينو السيليكات .

وتختلف نسب الرمل والطمى والطفل من تربة إلى تربة أخرى .

المواد العضوية

ولها دور مهم وفعال فى التربة ، وتتكون المواد الموجودة فى الطبقات العليا للتربة من كائنات عضوية حية ومنها الكائنات الدقيقة مثل البكتريا والطحالب والفطريات والديدان والحيوانات وحيدة الخلية وغيرها ، بالإضافة إلى مواد عضوية غير حية مثل الفضلات النباتية ، والنباتات والكائنات المتحللة .

وتعتمد كمية المواد العضوية فى التربة على الظروف المناخية ، ونوع المكونات غير العضوية للتربة ، والسمات السطحية للإقليم .

الماء والهواء

يملأ الماء والهواء الفراغ الموجود بين جسيمات التربة ، وتتحكم كل من كمية الفراغ وحجم مسام التربة فى حركة الماء والهواء فيها .

وتنخفض سعة احتفاظ التربة الرملية بالماء فى الوقت الذى يتاح فيه معظم

الماء للنباتات ، أما التربة الطفلية فإن سعة احتفاظها بالماء أكبر ، إلا أن الكمية الأكبر من الماء لا تتاح للنبات ، حيث يتم حجزها بواسطة المعادن الموجودة فى التربة وفى مسامها الميكروسكوبية .

ويعد الماء فى التربة محلولاً للمواد الذائبة تحصل منه النباتات على المواد المغذية اللازمة لها ، وتعتمد كمية المواد المذابة على الرقم الهيدروجينى لمحلول التربة ، وبالتالى فإن الملوثات الحمضية والقاعدية يمكن أن تؤثر علـــى تركيـــب محلول التربة .

ويمثل هواء التربة عاملاً حيوياً بالنسبة لعمليات الأكسدة المتضـــمنة فـــى تحلل المادة العضوية ، ويتشابه هواء التربة مع هواء الغـــلاف الجـــوى ، إلا أن هواء التربة يتميز بارتفاع نسبة ثانى أكسيد الكربون فيه نتيجة لعمليـــات تحلـــل المواد العضوية .

وتوجد بعض العناصر المهمة بنسب ضئيلة فى التربة والصـــخور ، ومـــن هذه العناصر :

Co, B, As, Zn, V, Ti, Se, Pb, Ni, Mo, Mn, Fe, Cu, Cr.

(٣) المواد المترسبة

وتختلف عن مكونات القشرة الأرضية الأخرى ــ الصخور والتربة ــ فـــى احتوائها على الماء الذى يكون مالحاً فى معظم المواد المترسبة .

وبتقدير كمية هذه الرواسب وجد أنه قبل تـأثير الإنسـان علـى القشـرة الأرضية كانت المحيطات تستقبل سنوياً من (٩ إلـى ١٠ × ١٠ ⁹) طـن مـن الرواسب ، أما فى عصرنا الحالى فتقدر الرواسب بحوالى (٢٥ × ١٠ ⁹) طـن سنوياً .

وتترسب هذه الرواسب علـى أرض المحيطـات أو فـى قـاع الأنهـار والبحيرات ، ويمكن أن تظل الجسيمات الأصغر ــ مثل جسيمات الطفل ــ معلقـة لمدة شهور ، وتترسب جسيمات الطفل بسرعة أكبر فى الماء المـالح ، ويكـون سطح جسيم الطفل مشحوناً بشحنة سالبة ، مما يجعل الجسيمات بعيدة عن بعضها ، وتنجذب الكاتيونات الذائبة فى الماء المالح إلى سطح جسيمات الطفل وبذلك تتم معادلة شحنتها .

ومن أمثلة تفاعلات الترسيب التى يمكن أن تسهم فى تكوين الرواسب مـا يأتى :

$$5\,Ca^{2+} + 3\,PO_4^{3-} + OH^- \rightleftharpoons Ca_5(OH)(PO_4)_3\downarrow$$

$$Ca(HCO_3)_2 \rightleftharpoons CaCO_3\downarrow + CO_2 + H_2O$$

$$4\,Fe^{2+} + O_2 + 10\,H_2O \rightleftharpoons 4\,Fe(OH)_3\downarrow + 8\,H^+$$

$$Fe^{2+} + H_2S \rightleftharpoons FeS\downarrow + 2\,H^+$$

ويؤدى وجود المادة العضوية ، وتوافر الأكسجين إلى تكوين طبقتين من الرواسب هما : الطبقة الهوائية ، والطبقة اللاهوائية .

أ- الطبقة الهوائية وهى فى القمة ومتصلة بالماء ، ويحدث فيها تفاعل الأكسدة التالى :

$$\underset{\text{كربوهيدرات}}{\{CH_2O\}} + O_2 \xrightarrow[\text{كائنات دقيقة}]{\text{micro - organisms}} CO_2 + H_2O$$

ب- الطبقة اللاهوائية ، حيث تحدث أكسدة للمادة العضوية بواسطة الكبريتات – إن وجدت – أو بواسطة عملية التخمر Fermentation ، فإذا وجدت الكبريتات فإنها تختزل تبعاً للتفاعل التالى :

$$SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e \longrightarrow H_2S + 4H_2O$$

$$\{CH_2O\} + 2H_2O - 4e \longrightarrow HCO_3^- + 5H^+$$

بالجمع

$$SO_4^{2-} + 2\{CH_2O\} \xrightarrow{\text{micro - organisms}} H_2S + 2HCO_3^-$$

وإذا لم توجد الكبريتات فإنه يمكن الحصول على الأكسجين من المادة العضوية نفسها ، كما يتضح من المعادلة التالية :

$$2\{CH_2O\} \xrightarrow{\text{micro - organisms}} CO_2 + CH_4$$

ويمكن أن يعجز ثانى أكسيد الكربون الناتج عن الانطـلاق ويشـترك فـى التفاعل الآتى :

$$Fe^{2+} + H_2O + CO_2 \text{ -------------> } FeCO_3 + 2H^+$$

وتوجد بعض الفلزات المهمة فى الرواسب منها :

Cr , Cd , Cu , Mo , Ni , Co , Mn , Pb.

وتوجد هذه الفلزات فى شكل مركبات منفصلة ، أو يتـم امتزازهـا علـى الطفل ، أو توجد فى شكل متراكبات عضوية ذات ذوبانية منخفضة .

عملية التعرية Weathering :

يطلق على تعديل القشرة الأرضية نتيجة لتفاعلاتها مـع الغـلاف الجـوى والمحيط المائى اسم التعرية ، فماذا تعنى التعرية ؟ وما عواملها ؟ ومـا الآثـار المترتبة عليها ؟

تتضمن التعرية أثر العوامل الجوية فى لون الأشياء المعرضة للجو أو فى تركيبها أو فى شكلها ، ويظهر ذلك بصفة خاصة فى حالة التربة والصخور . وقد تكون التعرية فيزيائية أو كيميائية .

ومن أمثلة التعرية الفيزيائية تفتت الصخور الكبيرة نتيجة تعرض الصخور المغمورة فى باطن الأرض للضغط ، مما يسبب تصدعاً بسيطاً فى هذه الصخور يسمح بدخول الماء إليها ، ويمكن لجذور النباتات أن تدخل خلال الصخور المتصدعة فيزيد الضغط المبذول من حجم التصدع ، وتنتج عن ذلك صخور جديدة .

كذلك يمكن للفترات الحارة والباردة المتبادلة أن تكسر الصخور ، وخاصة إذا كان اختلاف درجة الحرارة كبيراً .

وتتضمن التعرية الكيميائية للقشرة الأرضية تفاعلات كيميائية بسيطة نسبياً مثل الذوبانية **Solubility** والإماهة **hydration** والتحلل المائى **hydrolysis** والكربنة **carbonation** والأكسدة والاختزال .

وتختلف الإماهة عن التحلل المائى فى أن الإماهة عملية ضم جزيئات الماء إلى الجزيئات أو الأيونات لتكوين هيدرات ، ولا يصاحبها تكون أيونات هيدروجينية أو هيدروكسيلية ، أما التحلل المائى فهو عملية تفاعل الماء مع المادة .

ويعد الماء والهواء (وخاصة الأكسجين وثانى أكسيد الكربون) العاملين الكيميائيين الأساسيين للتعرية الكيميائية .

وسوف نناقش فيما يلى بعض التفاعلات الكيميائية المتضمنة فى التعرية الكيميائية :

أ- الذوبانية :

تحتوى القشرة الأرضية على بعض المواد الأيونية التى تذوب فى المـــاء ، ومن أمثلتها كلوريد الصوديوم NaCl وكبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ ، كما تذوب السيليكا ولكن بنسبة أقل .

$$SiO_{2\,(S)} + 2\,H_2O \text{ ------------> } H_4SiO_4$$

$$H_4SiO_4 + H_2O \text{ ------------> } H_3O^+ + H_3SiO_4^-$$

وتتوقف ذوبانية المواد الصلبة على شحنة الأيون ونصف القطر الأيونى ، وترتبط المواد الأكبر ذوبانية بالشحنة الأيونية المنخفضة ونصف القطر الأيـــونى الكبير ، كذلك يمكن للأيونات التى تمتلك شحنة كبيرة ونصف قطر أيونى صـــغير أن تتحلل مائياً مكونة أكاسيد غير ذائبة .

وتعتمد ذوبانية عديد من المعادن على الرقم الهيـــدروجينى PH للمـــاء ، وكذلك على الشكل البللورى الحقيقى للمركب .

فعلى سبيل المثال تذوب كربونات الكالسيوم (الأراجونيت) بمعدل أكبر من كربونات الكالسيوم (الكالسيت) بنسبة (١٦%) .

ب- الكربنة :

وتعنى تفاعل الماء وثانى أكسيد الكربون مع المواد الموجودة فى القشـــرة الأرضية ، وخاصة تفاعلهما مع كربونات الكالسيوم .

فوجود ثانى أكسيد الكربون فى الماء يعد مصدراً لأيونات الهيدروجين

$$CO_{2(g)} + H_2O \rightleftharpoons H^+_{(soln)} + HCO_3^-{}_{(soln)}$$

وتتفاعل أيونات الهيدروجين مع كربونات الكالسيوم

$$CaCO_{3(S)} + H^+_{(soln)} \rightleftharpoons Ca^{2+}_{(soln)} + HCO_3^-{}_{(soln)}$$

وعلى ذلك يمكن كتابة التفاعل الكلى على الصورة الآتية :

$$CaCO_{3(S)} + CO_{2(g)} + H_2O \rightleftharpoons Ca^{2+}_{(soln)} + 2HCO_3^-{}_{(soln)}$$

وتمثل المعادلة الأخيرة عملية تعرية كيميائية معروفة وســريعة ، حيــث يوضح التفاعل الأمامى انهيار الحجر الجيرى ، بينما يوضح التفاعل العكسى نمو وتكون الحجر الجيرى .

ج- التحلل المائى :

ويطلق هذا الاسم على التفاعل بين الماء والمواد الأخرى ، الذى يؤدى إلى تكسير الرابطة بين الأكسجين والهيدروجين (O – H) ، وتكوين محاليل قد تكون قلوية أو حمضية .

ومن أمثلة التحلل المائى العمليات الآتية :

$$CaO_{(S)} + H_2O \rightleftharpoons Ca(OH)_{2\,(soln\ or\ s)}^{alkaline}$$

ويمكن توضيح آلية التحلل المائى كما يلى :

$$CaO + 6H_2O \underset{hydration}{\overset{\text{تميه}}{\rightleftharpoons}} [Ca(H_2O)_6]^{2+}\ O^{2-} \dashrightarrow$$

$$[Ca \cdots O\langle^{H}_{H}]^{2+} + O^{2-}$$

تكوين رابطة

تكسير رابطة

$$\downarrow$$

$$\underset{alkaline\ (soln)}{Ca^{2+} + 2OH^-} \rightleftharpoons \underset{(S)}{Ca(OH)_2} \overset{H_2O}{\dashleftarrow} [Ca-OH]^+ + \underbrace{H^+ + O^{2-}}_{OH^-}$$

كذلك تحدث تعرية هيدروليتيكية **hydrolytic** للمعادن ، وتتضمن أيضاً تكسير للرابطة بين الفلز والأكسجين **(M – O)**.

$$\underset{\text{mineral}}{O - \overset{+\delta}{M}} + \overset{-\delta}{O}\begin{matrix} H \\ H^{+\delta} \end{matrix} \longrightarrow O \text{-----} M \text{----} O\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}$$

تكسير رابطة

$$\underset{\text{mineral}}{O - H} + MOH \longleftarrow \underset{\text{mineral}}{[\,O<\,]^{-}} + M - OH + H^{+}$$

ويشير ذلك إلى أن المواد الكيميائية التى تحتوى على روابط ضعيفة بين الفلز والأكسجين (M- O) تتعرض لعوامل التعرية أسرع من غيرها ، وبالتالى فإن أيونات الفلز التى تزال من الصخور بسهولة أكبر هى الأيونات التى تحتوى على رابطة أضعف بين الفلز والأكسجين .

د- الأكسدة والاختزال :

وهى عملية مهمة من عمليات التعرية ، وتحدث حينما يكـون للكاتيونـات والأنيونات أكثر من حالة تأكسد واحدة يمكن الوصول إليها مثل ما يحدث فى حالة العناصر الآتية :

Mn (II), (IV), Fe (II), (III), S (-II), (IV), (VI), Cu (I), (II)

وتعرف الأكسدة بأنها فقد إلكترونات كما يتضح مما يلى :

$$Fe^{2+} - e \text{ -------> } Fe^{3+} , \ -E^{\circ} = -0.77\ V$$

$$SO_3^{2-} + H_2O - 2e^- \text{ ------> } SO_4^{2-} + 2H^+ , \ -E^{\circ} = -0.17V$$

أما الاختزال فهو اكتساب إلكترونات ، بمعنـى أن الاختـزال يتمثـل فـى التفاعلات العكسية للتفاعلات السابقة .

ويمكن تمثيل التعرية التى تتعرض لهـا بعـض المـواد مثـل الفياليـت (Fe_2SiO_4) بالمعادلات الآتية :

$$Fe_2SiO_4 + 4\,H_2O + 4\,CO_2 \text{ -------> }$$
$$2\,Fe^{2+}_{(aq)} + 4\,HCO_3^-{}_{(aq)} + H_4SiO_4{}_{(aq)}$$

ويتضح من ذلك أن الحديد (II) يتحرر ثم تتم عملية الأكسدة كالآتى :

$$Fe^{2+} - e \longrightarrow Fe^{3+}_{(aq)} \quad , \quad -E^\circ = -0.77\ V$$

$$O_2 + 4H^+ + 4e \longrightarrow 2H_2O \quad , \quad E^\circ = +1.23\ V$$

بالجمع

$$4Fe^{2+}_{(aq)} + O_2 + 4H^+ \longrightarrow 4Fe^{3+}_{(aq)} + 2H_2O$$

$$E^\circ = +0.46\ V$$

ويتحلل أيون الحديد (III) مائياً بسهولة ليكــون هيدروكســيد الحديــديك $Fe(OH)_3$ وأكسيد الحديديك Fe_2O_3 غير الذائبين ، ويؤدى تكوينهما إلى ســير التفاعل فى اتجاه اليمين .

ومن الأمثلة الأخرى لعمليات التعرية المؤكسدة oxidative weathering أكسدة الكبريتيد فى خام الرصاص (الجالينا) ، حيث تتحرر أيونــات الرصــاص Pb^{2+} وينتج كبريتيد الهيدروجين الذى يتأكسد بعد ذلك ، كما يتضح من المعادلات الآتية :

$$PbS + 2H^+ + 2HCO_3^- \text{------} > Pb^{2+} + 2HCO_3^- + H_2S$$

galena

$$H_2S + 4H_2O - 8e \text{----------}> SO_4^{2-} + 10H^+$$

$$2O_2 + 8H^+ + 8e \text{----------}> 4H_2O$$

$$Pb^{2+} + SO_4^{2-} \text{----------}> PbSO_{4\,(S)}$$

بالجمع

$$PbS + 2O_2 \text{----------}> PbSO_{4\,(S)}$$

وتتوقف خواص التربة على كل من عملية التعرية والأمـــلاح الموجـــودة بالتربة ، كذلك يمكن أن يؤدى تلوث البيئة الصخرية إلى تغييـــر معـــدل التعريـــة ونتائجها ، فعلى سبيل المثال تؤدى الحمضية الزائدة إلى إسراع لعملية التعريـــة واستنزاف للتربة مما يؤدى إلى تغيير خصوبتها فى المستقبل ، وقد ينـــتج هـــذا التأثير عن الأمطار الحمضية .

الفصل الثاني

الدورات البيئية

- دورة الكربون .
- دورة النيتروجين .
- دورة الأكسجين .
- دورة الفسفور .
- دورة الكبريت .

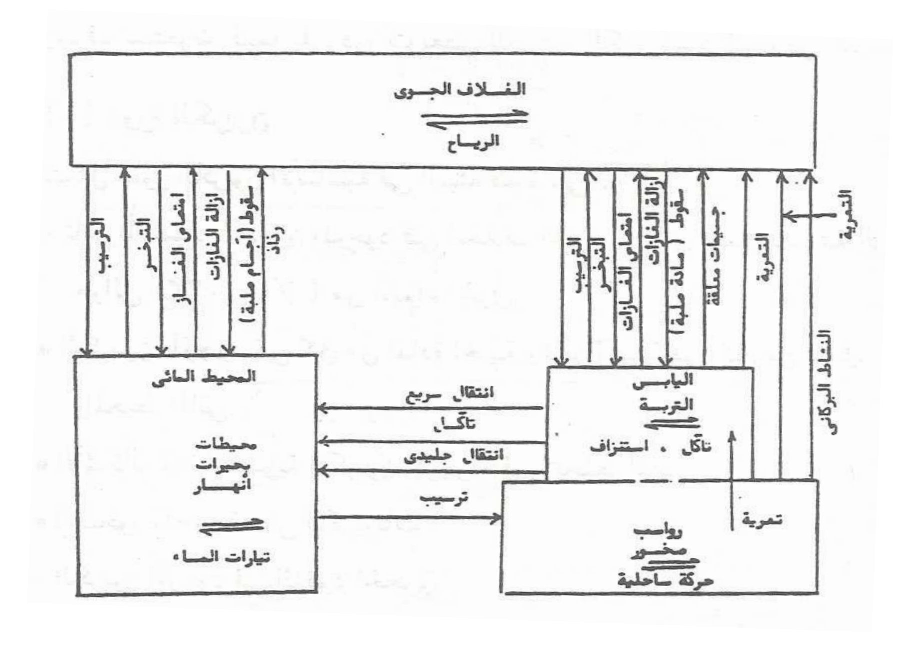


الفصل الثانى

الدورات البيئية Environmental Cycles

من المعروف أن نسب العناصر التى تتكون منها المعادن والصخور وأجسام الكائنات الحية ثابتة ومحدودة ، فهى تنتقل فى دورات داخل مناطق البيئة الفيزيائية الثلاث ــ الغلاف الجوى والمحيط المائى واليابس ــ كما تنتقل أيضاً بين مناطق هذه البيئة .

ويوضح شكل (٤) كيفية انتقال المواد المختلفة داخل كل من الغلاف الجوى والمحيط المائى واليابس ، وكذلك كيفية انتقالها بين هذه الأغلفة الثلاثة .



شكل (٤)

حركة المواد المختلفة داخل البيئة الفيزيائية

ومن الملاحظ أن عديد من آليات انتقال المواد بين الأغلفة الثلاثة يمكن أن تكون معكوسة reversible .

ويوجد نوعان من الدورات البيئية للعناصر الكيميائية ، تبعاً للمصدر الرئيس للعنصر .

ويعرف النوع الأول باسم الدورات الغازية حيث يوجد العنصر فى صورة غازية ويستمد مصدره الرئيس من الهواء الجوى ، ومن أمثلة هذا النوع دورة كل من الكربون والنيتروجين والأكسجين .

ويعرف النوع الثانى باسم الدورات الرسوبية حيث تمثل القشرة الأرضية المصدر الرئيس للعنصر ، ومن أمثلة هذا النوع دورة كل من الفسفور والكبريت . وسوف نستعرض فيما يلى دورات بعض العناصر الكيميائية المهمة فى البيئة .

(١) دورة الكربون

تتمثل صور الكربون الأساسية فى البيئة فيما يلى :

- ثانى أكسيد الكربون الموجود فى الغلاف الجوى ، الذى تصل نسبته إلى حوالى (٠.٠٣٣%) من الهواء الجوى .
- الكربون الموجود فى كل من المادة الحية وغير الحية فى كل من اليابس والمحيط المائى .
- الأشكال غير العضوية للكربون الموجودة فى المحيط المائى .
- الصخور المحتوية على الكربونات .
- الكربون الموجود فى الوقود الحجرى .

وتشتمل دورة الكربون على أربع حالات مهمة للاتزان الكيميائى ، يمكن توضيحها بالمعادلات الآتية :

(1) $CO_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(aq)}$

(2) $CO_2 + H_2O$ ----------> كربون مثبت فى النباتات + O_2

$CO_2 + H_2O$ <-------- التنفس فى الحيوانات والنباتات + O_2

(3) $CO_{2(aq)} + H_2O \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons$

$2H^+_{(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)}$

(4) $CaCO_{3(S)} \rightleftharpoons Ca^{2+}_{(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)}$

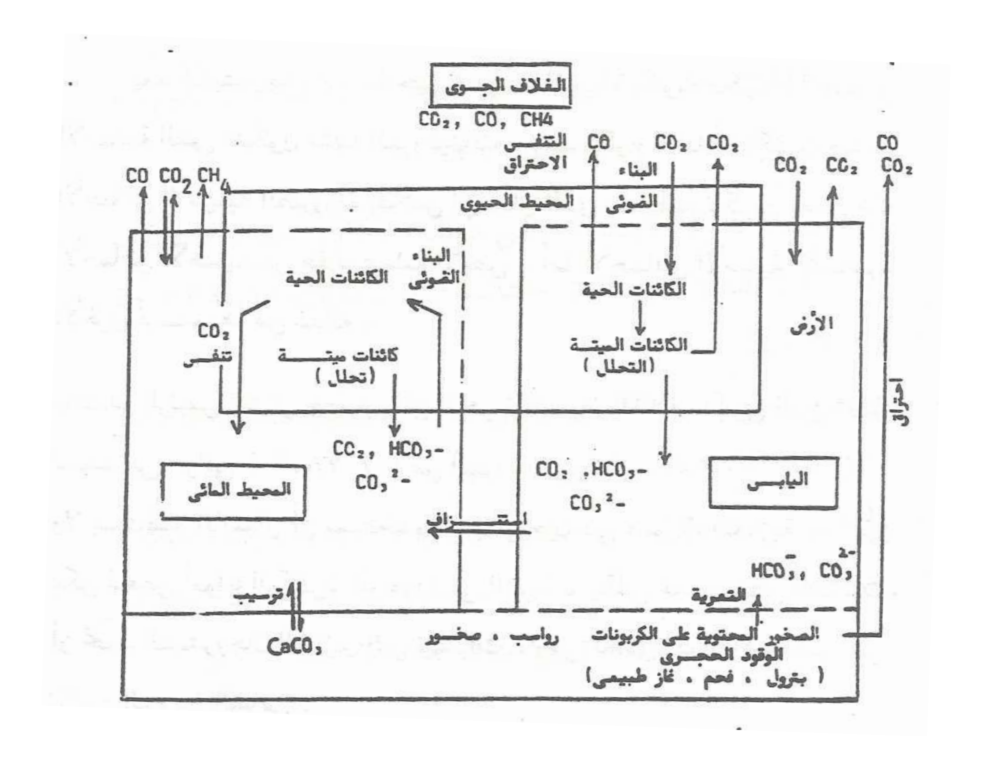
ويمكن التعبير عن دورة الكربون في الطبيعة علي النحو التالي :

- **يقوم النبات بعملية البناء الضوئي ، حيث يأخذ ثانى أكسيد الكربون من الهواء ويأخذ الماء من التربة ويحولهما فى الأجزاء الخضراء بواسطة طاقة الشمس إلى مواد كربوهيدراتية .**
- **يستخدم النبات جزءا من المواد الكربوهيدراتية لإنتاج الطاقة اللازمة له ، وينطلق ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى عن طريق عملية التنفس.**
- **تأكل الحيوانات النباتات وتقوم بهضمها واستعمالها فى تكوين المادة التى تدخل فى بناء الجسم .**
- **عندما تموت الكائنات الحية تبدأ أجسامها فى التحلل بواسطة الكائنات المحللة ، حيث تتحول المادة المعقدة فى أجسام هذه الكائنات إلى مركبات**

بسيطة وينطلق معظم الكربون فى صورة ثانى أكسيد الكربون إلى الهواء الجوى مرة أخرى .

- **توجد نسبة كبيرة من الكربون حبيسة فى الرواسب العضوية (الصخور المحتوية على الفحم والبترول) وبزيادة استخدام الوقود الحفرى زادت نسبة ثانى أكسيد الكربون المنطلقة إلى الهواء الجوى .**
- **والكربون الموجود فى البيئة فى حالة اتزان ، إلا أن الأنشطة الإنسانية المختلفة يمكن أن تؤدى إلى اختلال هذا الاتزان ، وينتج ذلك عن زيادة كمية ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى نتيجة لاحتراق كميات كبيرة من الوقود الحجرى وإزالة مساحات كبيرة من الغابات .**

ويمثل شكل (٥) دورة الكربون فى الطبيعة .



شكل (٥)

دورة الكربون فى الطبيعة

ومن الملاحظ أن الكربون الموجود فى المناطق المختلفة من الدورة يكون فى حالة اتزان ، إلا أن الأنشطة الإنسانية المختلفة يمكن أن تؤدى إلى اختلال هذا الاتزان ، وينتج ذلك عن زيادة كمية ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى نتيجة لاحتراق كميات كبيرة من الوقود الحجرى وإزالة مساحات كبيرة من الغابات .

وقد أدى التقدم الصناعى الهائل الذى حدث خلال القرن العشرين إلى زيادة نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى بمقدار حوالى (٢%) ، نتيجة لإنتاج كميات كبيرة منه خلال العمليات الصناعية المختلفة .

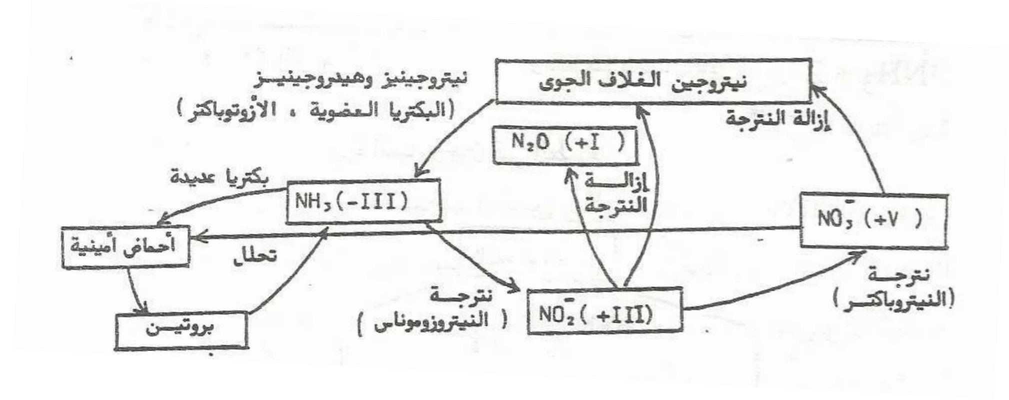
(٢) دورة النيتروجين

يعد النيتروجين عنصراً حيوياً مهماً للحياة بكونه مكوناً للأحماض الأمينية التى تتكون منها البروتينات ، ويستطيع النبات تكوين جميع الأحماض الأمينية الضرورية بعكس الإنسان الذى يستطيع تكوين بعض هذه الأحماض الأمينية من خلال عملية الأيض ، أما الأحماض الأمينية الأساسية الأخرى فيستمدها من غذائه .

والمصدر الرئيس للنيتروجين فى البيئة هو نيتروجين الغلاف الجوى الذى تصل نسبته إلى حوالى (٧٨.١%) من الهواء الجوى .

ولا يستطيع الإنسان أن يستخدم النيتروجين فى صورته الغازية ، ولكن يمكن لبعض أنواع البكتريا الموجودة فى التربة ، وعلى جذور بعض النباتات أن تحول النيتروجين الغازى إلى نيترات ، وهى إحدى المواد الأساسية فى تكوين البروتين النباتى .

ويوضح شكل (٦) دورة النيتروجين البيوكيميائية **biochemical** فى نظام التربة والنبات ، حيث تحفز العمليات المختلفة فيها بواسطة أنواع مختلفة من البكتريا .



شكل (٦)

دورة النيتروجين البيوكيميائية

ويتم تثبيت النيتروجين بعدة طرق ، منها الطرق البيولوجية التى تقوم بها النباتات ، وإنتاج الأسمدة ، والاحتراق ، والبرق .

وتحدث عملية اختزال للنيتروجين فى حالتين ، الأولى عند تثبيت النيتروجين nitrogen fixation والثانية فى تفاعلات إزالة النترجة denitrification .

بينما تحدث عملية أكسدة للنيتروجين فى تفاعلات النترجة nitrification التى يمكن تمثيلها بالتفاعلات التالية :

$$NH_3 + 3/2\ O_2 \xrightarrow{\text{بكتريا النيتروزوموناس}} H^+ + NO_2^- + H_2O \quad (1)$$

$$NO_2^- + 1/2\ O_2 \xrightarrow{\text{بكتريا النيتروباكتر}} NO_3^- \quad (2)$$

بالجمع

$$NH_3 + 2\ O_2 \longrightarrow NO_3^- + H^+ + H_2O$$

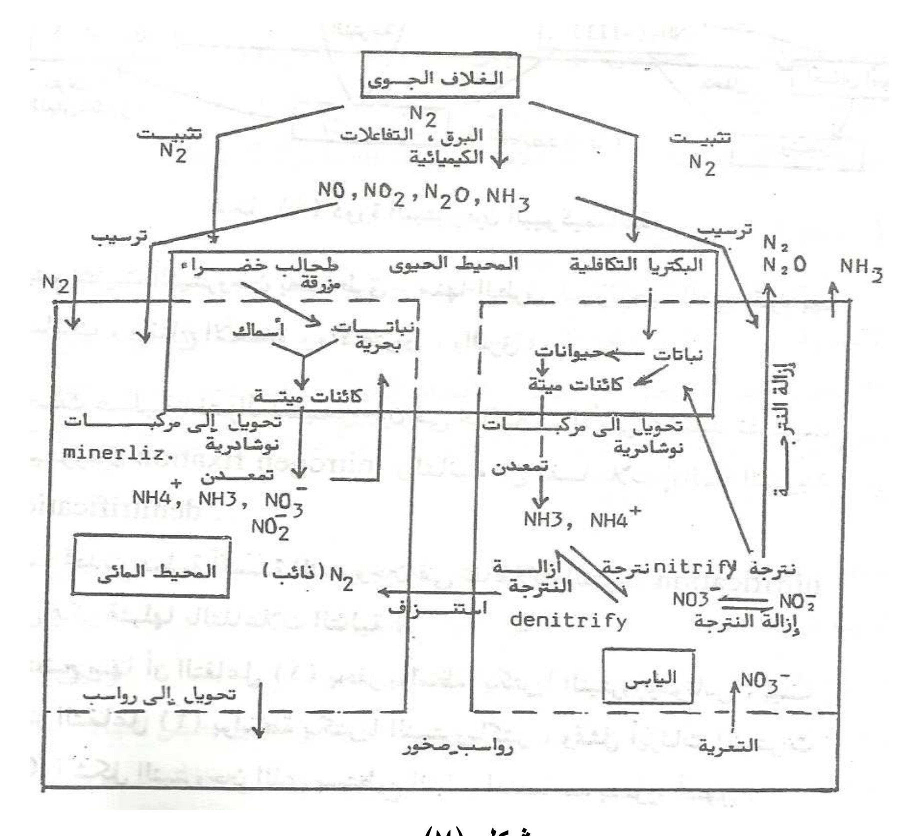
ويتضح من التفاعلات السابقة أن التفاعل (١) يحفز بواسطة بكتريا النيتروزوموناس ، بينما يحفز التفاعل (٢) بواسطة بكتريا النيتروباكتر ، وتمثل أيونات النيترات NO_3^- شكل النيتروجين الذى يستطيع النبات امتصاصه بصورة أسهل .

ويمكن التعبير عن دورة النيتروجين في الطبيعة علي النحو التالي :

- **المصدر الرئيس للنيتروجين فى البيئة هو الغلاف الجوى، حيث يوجد بنسبة (٧٨.١ %) من الهواء الجوي أغلبها فى صورة عنصرية والقليل منها فى صورة مركبات نيتروجينية كالأمونيا والأكاسيد النيتروجينية .**
- **لبعض أنواع البكتريا القدرة على تثبيت النيتروجين وتحويله إلى مركبات عضوية نيتروجينية تعود إلى الأرض بعد موتها كالأزوتوباكتر والكلوستريديم .**

- كما تقوم البكتريا العقدية التى تعيش على جذور النباتات البقولية بتثبيت النيتروجين الجوى أيضا وتحويله إلى مركبات بروتينية تمد به النبات وتأخذ منه المواد الكربوهيدراتية التى تحتاج إليها .
- تتكون الأمونيا (النشادر) فى الأرض نتيجة تحلل أجسام النباتات والحيوانات أو بقاياها بواسطة بكتريا التعفن ، أو تحمل إلى الأرض مذابة فى مياه الأمطار .
- تقوم بكتريا النيتروزوموناس بتحويل الأمونيا إلى نتريتات ثم تحوله بكتريا النيتروباكتر إلى نترات .
- تذوب أكاسيد النيتروجين الموجودة فى طبقات الجو العليا والمتكونة بفعل البرق فى مياه الأمطار ثم تتعادل مع الأملاح الموجودة فى الأرض وتتحول فى النهاية إلى نترات بفعل البكتريا .
- تمتص النباتات الخضراء الراقية النترات من الأرض وتحولها إلى مواد بروتينية .
- يأكل الحيوان هذه النباتات فتعود المركبات النيتروجينية إلى الأرض مع فضلاته أو جثته بعد موته وتحللها بفعل بكتريا التعفن وتتصاعد الأمونيا منها .

ويوضح شكل (٧) دورة النيتروجين فى الطبيعة .



شكل (٧)

دورة النيتروجين فى الطبيعة

ويمكن أن يؤثر الإنسان فى دورة النيتروجين بطريقتين : الأولى بزيادة كمية النيتروجين نتيجة لأنشطته الكيميائية المختلفة ، ومنها على سبيل المثال استخدام الأسمدة النيتروجينية ، والطريقة الثانية بإزالة أيونات الأمونيوم NH_4^+ والنيتريت NO_2^- والنيترات NO_3^- من التربة نتيجة لرى التربة الزراعية .

وتؤدى تفاعلات إزالة النترجة إلى زيادة محتملة فى كمية أكسيد النيتروز N_2O فى الغلاف الجوى ، وهو أكسيد غير نشيط ولا يتفاعل فى منطقة التروبوسفير ، ولكنه يجد طريقه إلى منطقة الإستراتوسفير حيث يمكن أن يؤثر على مستويات الأوزون ، كما سيتضح فيما بعد عند التعرض لتلوث الهواء الجوى بأكاسيد النيتروجين .

ويمكن تمثيل تفاعلات إزالة النترجة كما يلى :

$$6\,NO_3^- + C_6H_{12}O_6 \text{ -------> } 6CO_2 + 3H_2O + 6\,OH^- + 3N_2O$$

glucose

$$4\,NO_3^- + 2\,H_2O \text{ -----------> } 2N_2 + 5\,O_2 + 4\,OH^-$$

$$5\,S + 6\,KNO_3 + 2\,CaCO_3 \text{ -----------> } 3K_2SO_4 + 2CO_2 + 3\,N_2 + 2\,CaSO_4$$

(٣) دورة الأكسجين :

تصل نسبة الأكسجين فى الغلاف الجوى إلى حوالى (٢٠.٩%) من الهواء الجوى ، وهى نسبة ثابتة تقريباً ، لأن الأكسجين الذى تستخدمه النباتات والحيوانات فى عملية التنفس يعود مرة أخرى إلى الهواء الجوى بواسطة عملية البناء الضوئى الذى تقوم بها النباتات .

ويستخدم الأكسجين فى عديد من العمليات البيئية ، منها على سبيل المثال التعرية المؤكسدة oxidative weathering ، ونشاط الكائنات الهوائية ، والتنفس ، والاحتراق ، والتحلل ، كما يستهلك عديد من العمليات الطبيعية الأكسجين الجزيئى ، ويمكن تمثيل بعضها بالتفاعلات الآتية :

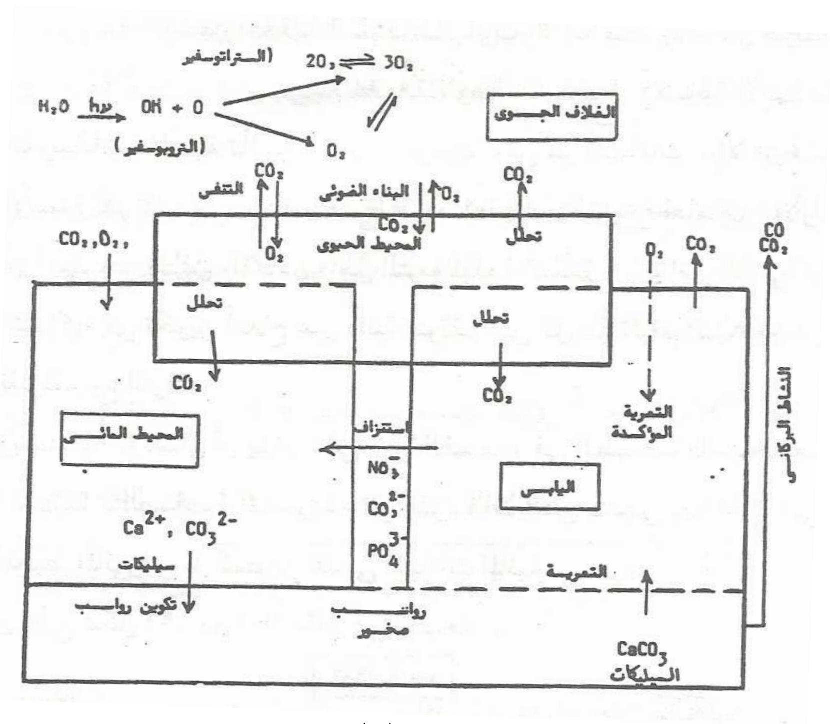
$$4\,FeO + O_2 \dashrightarrow 2\,Fe_2O_3$$

$$C + O_2 \dashrightarrow CO_2$$

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \dashrightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O$$

ولعملية البناء الضوئى ــ وهى عكس التفاعل السابق ــ أهميتها فى الحفاظ على اتزان نسبة غاز الأكسجين فى الطبيعة .

ويوضح شكل (٨) دورة الأكسجين فى الطبيعة .



شكل (٨)

دورة الأكسجين فى الطبيعة

(٤) دورة الفسفور :

يوجد الفسفور فى الغلاف الجوى على شكل جسيمات غبار فقط ، لذلك فإن دورة الفسفور تعتمد على انتقالاته داخل المحلول ، وداخل الحالة الصلبة ، وبين كل من الحالة السائلة والصلبة ، وتتميز انتقالات الفسفور بأنها محدودة بسبب الذوبانية المنخفضة لمعظم مركبات الفوسفات الموجودة فى الطبيعة ، وخاصة فوسفات الكالسيوم والألومونيوم والحديد (III) .

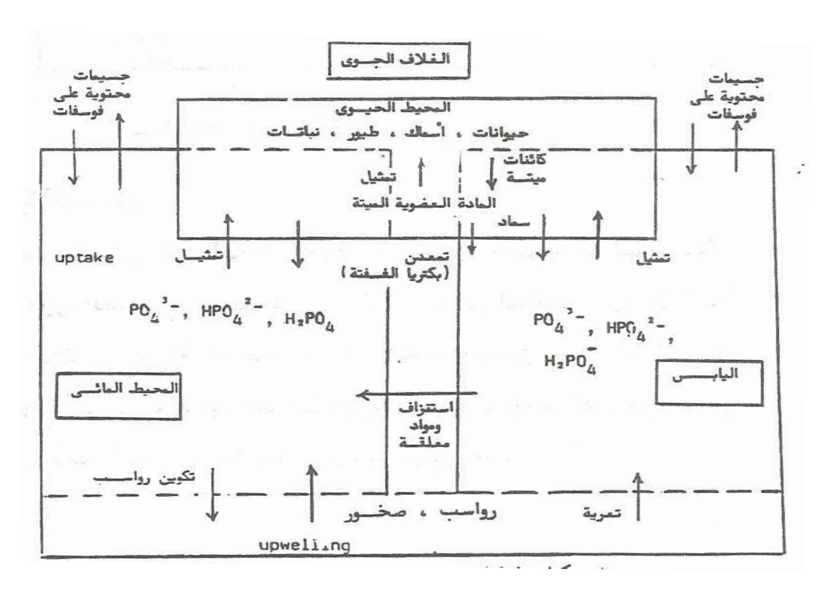
ويعد الفسفور مغذياً أساسياً للنباتات إلا أنه محدود ، لأن طريقة دورانه خلال دورته الطبيعية بطيئة ، وهذا ما يجعل لإضافة الأسمدة الفوسفاتية للتربة تأثيراً مهماً وجوهرياً على نمو النباتات ، إلا أن هذه الأسمدة يتم تثبيتها بسرعة وتصبح غير متاحة للنبات نتيجة لعاملين ، الأول هو امتصاص الطفل والمعادن داخل التربة لهذه الأسمدة ، والعامل الثانى هو اشتراكها فى تكوين أملاح غير ذائبة تتوقف على كل من الرقم الهيدروجينى للتربة ونوع التربة .

ويمكن التعبير عن دورة الفسفور في الطبيعة علي النحو التالي :

- يوجد الفسفور فى الطبيعة فى صخور الفوسفات(الموجودة فى الصخور الرسوبية) التى تتفتت بفعل الماء والرياح وأشعة الشمس وجذور النباتات .
- تذوب الأملاح الفسفورية فى ماء التربة أو المسطحات المائية .
- تمتص النباتات الأملاح الفسفورية بواسطة جذورها .
- ينتقل الفسفور بعد ذلك من كائن إلى آخر فى حلقات السلاسل الغذائية حتى يعود مرة أخرى إلى التربة بعد موت الكائنات الحية وتحلل أجسامها.

ويستطيع الإنسان أن يؤثر على دورة الفسفور فى الطبيعة باستخدامه للمنظفات الصناعية المحتوية على الفوسفات التى ينتهى بها الحال إلى المحيط المائى فتعمل كمصدر غذائى للنباتات المائية .

ويوضح شكل (٩) دورة الفسفور فى الطبيعة .



شكل (٩)

دورة الفسفور فى الطبيعة

(٥) دورة الكبريت

يدخل الكبريت فى دورة جيوبيوكيميائية geobiochemical معقدة نتيجة لوجود عدد من حالات التأكسد المتاحة للكبريت ، وسهولة تحولاتها البينية فى البيئة .

وينتج غاز كبريتيد الهيدروجين عن تحلل المادة العضوية ، ثم يتأكسد بسرعة إلى الكبريتات SO_4^{2-} فى الماء بشرط وجود الأكسجين الجزيئى كما يتضح من المعادلات الآتية :

$$H_2S + 4\,H_2O - 8\,e \text{ ------------> } SO_4^{2-} + 10\,H^+$$

$$O_2 + 4\,H^+ + 4\,e \text{ ------------> } 2\,H_2O$$

بالجمع

$$H_2S + 2\,O_2 \text{ ------------> } SO_4^{2-} + 2\,H^+$$

ويتم هذا التفاعل بصورة أبطأ فى الغلاف الجوى ، إذ يستغرق ساعات أو بضعة أيام ، ويحدث على قطرات الماء المعلقة فى الجو ، ويتم تحفيزه بواسطة أيونات الفلز الموجودة فى الغلاف الجوى .

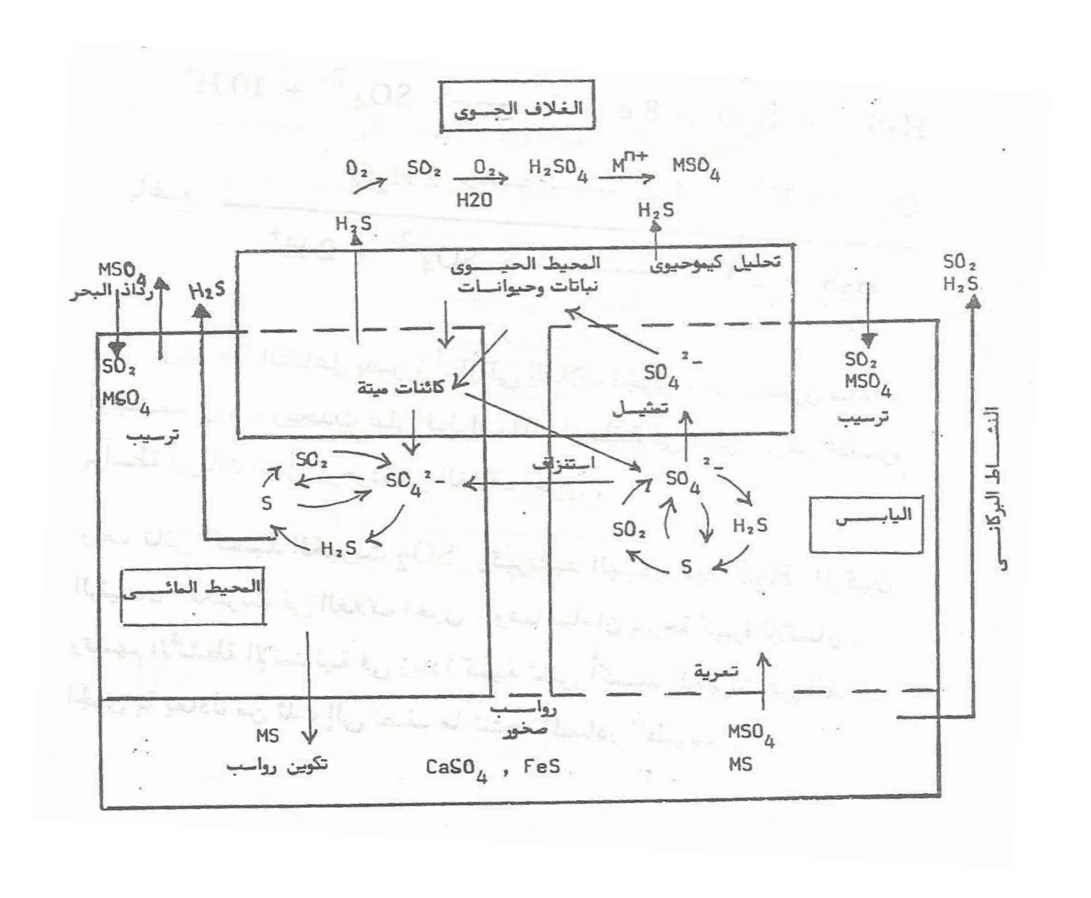
ويعد ثانى أكسيد الكبريت SO_2 وكبريتيد الهيدروجين H_2S المركبين الرئيسين للكبريت فى الغلاف الجوى ، وهما سامان بدرجة كبيرة للإنسان .

وتسهم الأنشطة الإنسانية فى زيادة كمية ثانى أكسيد الكبريت فى الغلاف الجوى بما يعادل من ثلث إلى نصف ما تنتجه المصادر الطبيعية .

ويمثل حمض الكبريتيك أو كبريتات الفلز النتائج النهائية لتفاعلات مركبات الكبريت فى الغلاف الجوى ، كما تترسب كميات كبيرة من الكبريت على الأرض يمكن أن تصل كميتها إلى (١٠٦ × $١٠^{٦}$) طن سنوياً .

وتكفى هذه الكميات احتياجات النباتات فى بعض المناطق وبالتالى لا تحتاج إلى أسمدة كبريتية .

ويوضح شكل (١٠) دورة الكبريت فى الطبيعة .



شكل (١٠) دورة الكبريت فى الطبيعة

الفصل الثالث

مشكلة التلوث

- **تصنيف ملوثات البيئة تبعاً لنشأتها**
  - **الملوثات الطبيعية**
  - **الملوثات غير الطبيعية (المستحدثة)**
- **تصنيف ملوثات البيئة تبعاً لمسبباتها**
  - **الملوثات الكيميائية**
  - **الملوثات الفيزيائية**
  - **الملوثات البيولوجية**
- **الآثار السلبية للملوثات الكيميائية على البيئة .**



الفصل الثالث

مشكلة التلوث

هل يمكن أن تسبب التكنولوجيا التى استخدمها الإنسان فى العصر الحديث بهدف تحقيق الرفاهية والراحة لنفسه ورفع مستوى معيشته ـ أخطاراً تهدد حياته ؟

لقد أدى التقدم العلمى الهائل الذى أحرزه الإنسان فى مجالات العلم والتكنولوجيا إلى إحداث إخلال ، بل تدهور فى مكونات البيئة ، حتى أننا أصبحنا نعانى من مشكلات عديدة ومنها : مشكلة الغذاء ، ومشكلة الطاقة ، ومشكلة زيادة السكان ، ومشكلة التلوث ، وكلها مشكلات ناتجة عن الأنشطة البشرية فى البيئة ، هذه البيئة التى كانت تلبى مطالب الإنسان وتشبع كثيراً من رغباته واحتياجاته منذ أن استوطنها .

وكان من نتائج السعى إلى إشباع مختلف الحاجات البشرية ، مع الزيادة السريعة فى عدد السكان ، أن تزايدت الضغوط على البيئة الطبيعية باستهلاك مواردها ، وبتجاوز طاقتها على استيعاب النفايات الناتجة عن الأنشطة البشرية المختلفة .

فعلى سبيل المثال ، استطاع الإنسان أن يستغل مصادر حفرية للوقود مثل الفحم والبترول ، وبالتالى أصبح يحرق المواد الكربونية بشكل يفوق قدرة النظم البيئية على الاستيعاب ، ونتج عن ذلك تزايد مطرد فى أكاسيد الكربون فى الهواء الجوى ، كما تمكنت الأنشطة الصناعية من إنتاج مركبات كيميائية طارئة على النظم البيئية وغريبة عليها ، ولا يمكن تحليلها وإرجاعها إلى عناصرها الأولى كما يحدث للمركبات العضوية الطبيعية .

وهكذا نسى الإنسان أو تناسى أنه عنصر مكمل لعناصر البيئة ، بل إنه اعتبرها مخزناً ضخماً للثروة ، فأطلق لقدراته العنان لاستغلال إمكاناتها والسيطرة عليها ، مما أدى إلى ظهور عدد من المشكلات التى صنعها الإنسان فى بيئته ، وعليه اليوم أن يواجهها ويتغلب عليها ، ولكن قبل ذلك عليه أولاً أن يفهم هذه المشكلات ، ويعى أسبابها وآثارها ، وبالتالى يتمكن من اتخاذ ما يلزم لمنع حدوثها ، أو على الأقل الحد منها .

وسوف نستعرض فى هذا الفصل المشكلات الناتجة عن استخدام الإنسان للتكنولوجيا فى أنشطته المختلفة ، مع توضيح لأسباب كل منها وآثارها الضارة على الإنسان وغيره من الكائنات الحية ، ودور التكنولوجيا الكيميائية فى علاج هذه المشكلات أو الحد من حدوثها .

وتتمثل هذه المشكلات فى :

١) مشكلة التلوث .

٢) مشكلة الإخلال بالتوازن الطبيعى للبيئة .

٣) مشكلة استنزاف موارد البيئة .

مشكلة التلوث

يعد التلوث من المشكلات البيئية التى برزت بوضوح مـع ظهـور عصـر الصناعة ، ومما زاد من خطورتها أن آثارها الضـارة شـملت الإنسـان نفسـه وممتلكاته ، كما أخلت بكثير من الأنظمة البيئية السائدة .

فتلوث البيئة يؤدى إلى اختلال الاتزان القائم بين مكونات النظـام البيئـى نتيجة تغييرات مستحدثة ينتج عنها ضرر الإنسان أو مرضه أو وفاته .

والسؤال الذى يفرض نفسه الآن هو : ماذا يعنى التلوث بصـفة عامـة ؟ والتلوث الكيميائى بصفة خاصة ؟

يعرف التلوث بصفة عامة بأنه وجود أية مادة أو طاقة فى غير مكانهـا ، وزمانها ، وكميتها المناسبة ، فالتلوث هو كل تغير كمى أو نوعى فـى مكونـات البيئة الحية وغير الحية لا تقدر الأنظمة البيئية علـى اسـتيعابه دون أن يختـل اتزانها .

والتغير الكمى قد يكون بزيادة نسب بعض المكونات الطبيعية للبيئة كزيادة غاز ثانى أكسيد الكربون عن نسبته المعتادة ، أو زيادة درجة حرارة المياه فـى مجرى مائى فى منطقة ما نتيجة ما يلقيه فيه بعض المصانع من ميـاه ونـواتج ساخنة .

وينتج التغير النوعى عن إضافة مركبات صناعية غريبـة علـى الأنظمـة البيئية الطبيعية لم يسبق لها أن كانت فى دوراتها وسلاسـلها ، وتـراكم هـذه المركبات فى الماء أو الهواء أو الغذاء أو التربة ، ومن أمثلـة هـذه المركبـات

مبيدات الآفات الزراعية ومبيدات الأعشاب .

أما التلوث الكيميائى فيطلق على التلوث ببعض المواد الكيميائية المرتبطة بالنشاط البشرى التى تصنع لأغراض معينة ، أو التى تلقى فى المجارى المائية مع مخلفات الصناعة ، أو التى تنبعث من مداخن المنشآت الصناعية فى صورة أبخرة وغازات وشوائب ، كما يطلق أيضاً على التلوث ببعض المواد الكيميائية الناتجة عن المصادر الطبيعية مثل البراكين .

ويعد التلوث الكيميائى الناتج عن النشاط البشرى من أخطر أنواع التلوث المعروفة فى العصر الحديث ، وقد ظهرت آثاره بوضوح فى النصف الثانى من القرن العشرين نتيجة للتقدم الصناعى الهائل الذى شهده العالم المعاصر وخاصة فى مجال الصناعات الكيميائية .

تصنيف ملوثات البيئة الإنسانية

تتمثل ملوثات البيئة الإنسانية فى الميكروبات أو المواد الصلبة أو السائلة أو الغازية أو الإشعاعات التى تلحق الأذى بالإنسان ، أو تسبب له المرض ، أو تؤدى به إلى الهلاك .

ويوجد نوعان من التصنيف الخاص بملوثات البيئة الإنسانية ، الأول هو تصنيف هذه الملوثات تبعاً لنشأتها ، أما النوع الثانى فهو تصنيفها تبعاً لمسبباتها .

١) تصنيف ملوثات البيئة تبعاً لنشأتها

تصنف ملوثات البيئة تبعاً لهذا التصنيف إلى ملوثات طبيعية وملوثات غير طبيعية (مستحدثة) .

الملوثات الطبيعية

وهى التى تنتج عن مكونات البيئة ذاتها دون تدخل الإنسان ، ومن أمثلتها الغازات والأتربة التى تقذفها البراكين ، وأكاسيد النيتروجين التى تتكون فى الهواء الجوى نتيجة للتفريغ الكهربى فى السحب الرعدية ، وغاز الأوزون المتكون كيموضوئياً فى الهواء الجوى أو بسبب التفريغ الكهربى فى السحب ، والمواد الكيميائية ذات النشاط الإشعاعى الناتجة عن تأين بعض الغازات الموجودة فى الهواء الجوى بفعل الأشعة الكونية .

الملوثات غير الطبيعية (المستحدثة)

وهى التى تتكون نتيجة لما استحدثه الإنسان فى البيئة من تقنيات وما ابتكره من اكتشافات ، وقد تنتج هذه الملوثات عن الصناعات الكيميائية المختلفة ، أو التفجيرات النووية أو وسائل المواصلات ، أو أنواع الوقود المختلفة .

كما تشمل الملوثات المستحدثة أيضاً النفايات الناتجة عن الأنشطة البشرية العادية .

ودعنا نتساءل : هل تختلف الكميات الناتجة من الملوثات الطبيعية عن الكميات الناتجة من الملوثات المستحدثة ؟

أكدت الدراسات أن كميات المواد الكيميائية التى تضاف إلى البيئة نتيجة للأنشطة الكيميائية للإنسان أقل بكثير من المواد الناتجة عن المصادر الطبيعية ، إلا أن الانبعاثات الصادرة عن المصادر الطبيعية تنتشر على سطح الكرة الأرضية ، بينما يتركز التأثير الناتج عن الأنشطة الإنسانية فى مناطق محددة .

هذا بالإضافة إلى أن بعض المواد الكيميائية المستحدثة ثابتة كيميائياً وتنتشر فى البيئة عن طريق عوامل التغير الكيميائى الأساسية - الماء والأكسجين والأشعة - ولهذه المواد زمن بقاء طويل ، إلى جانب إمكانية دخولها فى تفاعلات كيميائية غير مرغوبة .

٢) تصنيف ملوثات البيئة تبعاً لمسبباتها

وتصنف ملوثات البيئة تبعاً لهذا التصنيف إلى ملوثات كيميائية وفيزيائية وبيولوجية ، فما الفرق بين هذه الملوثات ؟

الملوثات الكيميائية

وتشمل بعض العناصر والمركبات الكيميائية مثل المبيدات بأنواعها ، والغازات المتصاعدة من البراكين والحرائق والسيارات والمصانع ، والبترول ومشتقاته ، والرصاص والزئبق والجسيمات الدقيقة الناتجة عن مصانع الأسمنت والاسبست ، والكيماويات السائلة التى تلقى فى التربة أو فى المجارى المائية ، بالإضافة إلى المخلفات الناتجة عن الأنشطة المنزلية وغيرها .

الملوثات الفيزيائية

وتشمل الضوضاء والتلويث الحرارى والإشعاعات بأنواعها ، وخاصة ما ينتج منها عن المفاعلات النووية وتجارب الانفجارات النووية .

الملوثات البيولوجية

وهى الأحياء التى إذا وجدت فى مكان أو زمان أو كم غير مناسب تسبب أمراضاً للإنسان ونباتاته وحيواناته ، أو تستهلك قدراً كبيراً من النباتات والحيوانات ، أو تتلف منشآت أقامها الإنسان ، مثل الفيروسات والبكتريا وبعض الحشرات .

الآثار السلبية للملوثات الكيميائية على البيئة

زادت المواد الكيميائية فى عصرنا الحالى ، من حيث كمياتها وأنواعها ، بدرجة فاقت كثيراً قدرة النظم الديناميكية للعناصر البيئية ، حيث تخرج هذه المواد الكيميائية إلى المحيط الحيوى للكرة الأرضية فى صورة كميات هائلة من الغازات والجسيمات الدقيقة من المواد الصلبة والسائلة ، ويمكن أن تظل هذه المواد عالقة أو مذابة فى المكونات البيئية الثلاثة (الهواء والماء والتربة) لفترات طويلة ، مما يفقد هذه المكونات حيويتها وصلاحيتها ويهددها بالتلف أو الفساد ، كما يمكن أن تجد هذه المواد طريقها ــ وبتركيزات عالية أو غير مناسبة ــ إلى داخل أجسام المخلوقات الحية عن طريق الجهاز التنفسى أو الهضمى أو بالترسيب على أغشيتها وأسطحها الخارجية ، مما يضر بها أو يتلفها ويقضى عليها .

وسوف نستعرض في الفصول التالية بعض الآثار السلبية لبعض الملوثات الكيميائية للهواء والماء والتربة والغذاء ، والمشكلات البيئية الناتجـــة عنهـــا ، وكيفية التحكم في هذه الملوثات .

الفصل الرابع

تلوث الهواء الجوي

- التلوث بأكاسيد الكربون .
- التلوث بأكاسيد الكبريت .
- التلوث بأكاسيد النيتروجين .
- التلوث بالجسيمات المعلقة .
- التأثير الفسيولوجى للملوثات الكيميائية للهواء الجوى .
- المشكلات البيئية الناتجة عن التلوث الكيميائى للهواء الجوى .
- وسائل التحكم فى التلوث الكيميائى للهواء الجوى .



الفصل الرابع

تلوث الهواء الجوى

يمثل الهواء النقى عصب الحياة على سطح الكرة الأرضية نظراً لاحتيـــاج الكائنات الحية لما يحتويه من أكسجين ، لذلك يعد تلوث الهواء بالمواد الكيميائية ــ التى تخل كماً ونوعاً بمكوناته ــ أشد أنواع التلوث البيئى ضرراً بأنواع الحياة المختلفة .

ويسمى متوسط الزمن الذى تبقى فيه المادة فى الغلاف الجوى باسم " زمن البقاء " **residence time** ويتراوح هذا الزمن بين دقائق وسنوات ، ويعتمد ذلك على المادة نفسها وعلى الظروف المناخية .

ويوضح جدول (٢) بعض ملوثات الهواء الجـــوى ، ومصـــادر انبعاثهـــا ، وزمن بقائها فى الغلاف الجوى .

جدول (٢)

بعض الكيماويات المنبعثة ، ومصادر انبعاثها ، وزمن بقائها فى الغلاف الجوى

المادة الكيميائية	المصدر المستحدث	المصدر الطبيعى	زمن البقاء فى الغلاف الجوى
ثانى أكسيد الكربون	الاحتراق	التحلل البيولوجى	٤ سنوات
أول أكسيد الكربون	الاحتراق ووسائل المواصلات	حرائق الغابات	١ ــ ٤ شهور
المواد الهيدروكربونية	الاحتراق ووسائل المواصلات	العمليات البيولوجية	١٦ سنة
المواد الهالوكربونية	رذاذ الأيروسول وأجهزة التبريد	ـــ	أكثر من ٢٠ سنة
ثانى أكسيد الكبريت	احتراق الفحم والبترول	البراكين	٣ ــ ٧ أيام
كبريتيد الهيدروجين	الصناعات الكيميائية	البراكين والعمليات البيولوجية	يومان
أكاسيد النيتروجين	الاحتراق	العمليات البيولوجية	٤ أيام
الأمونيا	معالجة النفايات	التحلل البيولوجى	يومان

كما يوضح جدول (٣) بعض الملوثات الكيميائيـــة الناتجــة عــن بعــض الصناعات الكيميائية .

جدول (٣)

الملوثات الكيميائية الناتجة عن بعض الصناعات الكيميائية

الصناعة الكيميائية	الملوثات الكيميائية الناتجة عنها
القلويات المكلورة	Hg , Cl_2
صهر النحاس	جسيمات ، SO_2
لب الخشب والورق	جسيمات $(CH_3)_2S_2$, $(CH_3)_2S$, CH_3SH, H_2S, CO, SO_2
تكرير البترول	CO, SO_2 ، هيدروكربونات ، أكاسيد النيتروجين ، ألدهيدات ، NH_3
صناعة الأسمنت	جسيمات ، SO_2 ، أكاسيد النيتروجين
إنتاج الألومنيوم	جسيمات ، فلوريدات غازية وجسيمية

توضح البيانات المستخلصة من الجدولين السابقين أن التلــوث الكيميــائى للهواء الجوى يعزى إلى عديد من الملوثات الكيميائيــة مــن أهمهــا : أكاســيد الكربون (أول وثانى أكسيد الكربون) وأكاسيد الكبريت (ثــانى وثالــث أكســيد الكبريت) وأكاسيد النيتروجين (أكسيد النيتريك وثــانى أكســيد النيتــروجين)

بالإضافة إلى غازات أخرى مثل الأمونيـا وكبريتيـد الهيـدروجين ، والغـازات الهيدروكربونية والهالوجينية ، كما تعد الجسيمات المعلقة (الإيروسولات) مـن الملوثات الكيميائية للهواء الجوى .

وسوف نناقش فيما يلى مصدر كل نوع من هذه الملوثات مع بيان لتـأثيره الضار على الإنسان والبيئة .

أكاسيد الكربون

يمثل استهلاك وقود السيارات المصدر الأساسى لأكاسيد الكربون ، حيـث ينتج أول أكسيد الكربون عن الاحتراق غير الكامل للوقود ، بينما ينتج ثانى أكسيد الكربون عن الاحتراق الكامل لـه . وتشـير بعـض الإحصـائيات أن وسـائل المواصلات تسبب حوالى (٧٠%) من التلوث بأول أكسيد الكربون ، كما يـؤدى احتراق البترول إلى تصاعد (٣١%) من ثانى أكسيد الكربون الناتج عن النشـاط الإنسانى .

أ- أول أكسيد الكربون CO

ينتج معظم أول أكسيد الكربون الطبيعى من أكسدة الميثـان النـاتج عـن التحلل اللاهوائى للمادة العضوية ، ويتسبب الميثان فى تركيز أول أكسيد الكربون فى منطقة التروبوسفير ، حيث يتأكسـد الميثـان بواسـطة شـق هيدروكسـيل Hydroxyl Radical ، ويدخل فى تفاعلات كيميائية ينتج عنهـا أول أكسـيد الكربون ، كما يتضح من المعادلات الآتية :

$$CH_4 + {}^{\cdot}OH \dashrightarrow {}^{\cdot}CH_3 + H_2O$$

$${}^{\cdot}CH_3 + O_2 + M \dashrightarrow CH_3O_2 + {}^{\cdot}M$$

$$CH_3O_2 + NO_2 \dashrightarrow HCHO + HNO_3$$

$$HCHO \xrightarrow{h\upsilon} H_2 + CO$$

وتنتج شقوق الهيدروكسيل ($^{\cdot}OH$) المستخدمة لبدء هذه التفــاعلات مــن التحلل الضوئى للماء و / أو من تفاعل الأكسجين الذرى ــ النــاتج عــن تحلــل الأوزون ــ مع الماء .

$$H_2O \xrightarrow{h\upsilon} {}^{\cdot}OH + {}^{\cdot}H$$

$${}^{\cdot}O + H_2O \dashrightarrow 2\ {}^{\cdot}OH$$

وتتساوى معدلات إنتاج أول أكسيد الكربون ومعدلات إزالته فى كــل مــن منطقتى التروبوسفير ، والجزء الأعلى مــن منطقــة الإستراتــوسفير ، بينمــا تحدث إزالة سريعة له فى الجزء الأدنى من الإستراتوسفير ، وبالتالى لا تحــدث زيادة فى كميات أول أكسيد الكربون فى البيئة . وتحدث هذه الإزالة نتيجة للتفاعل الآتى :

$${}^{\cdot}OH + CO \dashrightarrow CO_2 + {}^{\cdot}H$$

ويعد غاز أول أكسيد الكربون غازاً شديد الخطورة على الإنسان ، وترجـــع خطورته إلى أن الحديد ــ وهو المكون الأساسى لهيموجلـــوبين الـــدم ــ يميـــل للارتباط به (٢١٠) مرة أكثر من ميله للارتباط بالأكسجين ، تبعاً للتفاعل الآتى :

$$HbFeO_2 + CO \rightleftharpoons HbFeCO + O_2$$

ويقلل ذلك من قدرة الدم على نقل الأكسجين ، مما ينـــتج عنـــه الإصـــابة بالصداع والدوران والإغماء ، وقد يؤدى تنفس الإنسان لكميات كبيرة منه إلـــى ارتخاء فى عضلاته وفقدانه للوعى ، وقد ينتهى به الأمر إلى الوفاة .

ب- ثانى أكسيد الكربون **CO2** :

ويعد مصدراً لإنتاج أول أكسيد الكربون فى الارتفاعات العالية من الغـــلاف الجوى ، حيث يدخل فى تفاعلات كيموضوئية **Photochemical** تؤدى إلى إنتاج أول أكسيد الكربون ، كما يتضح من المعادلة الآتية :

$$CO_2 \xrightarrow[(u.v)]{h\upsilon} CO + O$$

وترجع خطورة زيادة كميات ثانى أكسيد الكربون فى البيئة إلى أنه يرفـــع درجة حرارة الجو ، مما ينتج عنه تغيير فى الخريطة المناخية للعالم ، وهو مـــا يعرف باسم (تأثير البيت الزجاجى) **green house effect** ، وسوف نوضـــح كيفية حدوث ذلك بالتفصيل فى موضع آخر من هذا الكتاب .

أكاسيد الكبريت :

يؤدى احتراق الفحم والبترول إلى إنتاج كميات كبيرة من غاز ثانى أكسيد الكبريت تعادل حوالى (٧٠%) من كمياته الناتجة عن الأنشطة البشرية .

وتختلف كمية الكبريت الموجودة فى الفحم تبعاً لنوعه ، ويتحول الكبريت عند احتراقه إلى ثانى أكسيد الكبريت ، تبعاً للمعادلات الآتية :

$$-\overset{|}{\underset{|}{C}}-SH + O_2 \text{ ----------> } SO_2 + CO_2 \ / \ CO + H_2O$$

$$4\,FeS_2 + 11\,O_2 \text{ -----------> } 2\,Fe_2O_3 + 8\,SO_2$$

وتوجد كميات أقل من الكبريت فى البترول ، ولكنه يتركز عند التكرير فى الزيت المتبقى (زيت الوقود) .

ويتأكسد ثانى أكسيد الكبريت فى الغلاف الجوى إلى ثالث أكسيد الكبريت بإحدى الطرق الثلاث الآتية :

أ) الأكسدة الكيموضوئية : حيث يمتص ثانى أكسيد الكبريت الأشعة مكوناً حالات مثارة تتفاعل بطرق مختلفة مكونة ثالث أكسيد الكبريت .

ب) الأكسدة المحفزة : وتتم بواسطة بعض العوامل الحفازة مثل أملاح Mn (II), Fe (III), Cu (II) التى توجد كجسيمات معلقة فى الغلاف الجوى .

$$2\,SO_2 + O_2 \xrightarrow{\text{عامل حفاز}} 2\,SO_3$$

ج) الأكسدة بواسطة المركبات الكيميائية أو الشقوق radicals الموجودة فى الغلاف الجوى ، كما يتضح من المعادلات الآتية :

$$SO_2 + O_3 \text{ -----------> } SO_3 + O_2$$

$$SO_2 + NO_2 \text{ -----------> } SO_3 + NO$$

$$SO_2 + HO_2^{\cdot} \text{ -----------> } SO_3 + HO^{\cdot}$$

وتسبب أكاسيد الكبريت التهابات خطيرة فى الجهاز التنفسى ، وتقلل مـــن كفاءة الرئة ، ويظهر ذلك فى شكل نوبات تنفسية حادة تكون مصحوبة بالتهابات رئوية مزمنة .

ولا يقتصر تأثير أكاسيد الكبريت الضار على الإنسان والحيوان فقط ، ولكنه يتعدى ذلك إلى مواد البناء ، فقد وجد أن ثانى أكسيد الكبريت يعجل مـــن إتـــلاف أحجار الكربونات (الحجر الجيرى والرخام) حيث يكون معهـــا ــ فـــى وجـــود الأكسجين ــ كبريتات الكالسيوم وهى أكثر ذوبانية من الكربونات وبالتـــالى يـــتم تخريبها ، كما يتضح من المعادلة الآتية :

$$CaCO_3 + SO_2 + 1/2\ O_2 \text{ -----------> } CaSO_4 + CO_2$$

أكاسيد النيتروجين

يوجد عدد من أكاسيد النيتروجين ، منها أكسيد النيتريـــك وثـــانى أكســـيد النيتروجين وأكسيد النيتروز .

ويمثل أكسيد النيتريك NO وثانى أكسيد النيتروجين NO_2 أهـــم أكاســـيد النيتروجين التى تلوث الهواء الجوى ، فهى غازات ثابتة نسبياً وتمثـــل النـــواتج الأولية والثانوية لعمليات الاحتراق .

ويعد احتراق الفحم والبترول المصدر الأساسى لأكاسيد النيتروجين ، حيث ينتج حوالى (٥١%) منها عن احتراق الفحم ، (١٤%) منها عن احتراق البترول .

كذلك توجد مستويات عالية من أكاسيد النيتروجين داخل المنازل نتيجة لاستخدام أفران التسخين ومواقد الغاز .

ويعد تدخين السجائر أحد مصادر هذه الأكاسيد (NO_X) حيث تنتج كل سيجارة كميات من أكسيد النيتريك وثانى أكسيد النيتروجين .

وينتج أكسيد النيتروز N_2O من نشاط بكتريا إزالة النترجة **denitrifying** الموجودة فى التربة ، وبالتالى تزداد كميته كمادة ملوثة بزيادة استخدام الأسمدة النيتروجينية .

وأكسيد النيتروز ثابت ولا تحدث له تفاعلات فى منطقة التروبوسفير ، ولكن يمكن أن تحدث له التفاعلات الآتية فى منطقة الإستراتوسفير :

$$N_2O + O \longrightarrow N_2 + O_2$$

$$N_2O + O \longrightarrow 2\,NO$$

$$N_2O \xrightarrow{h\upsilon} N_2 + O \quad (\lambda < 337\ nm)$$

$$N_2O \xrightarrow{h\upsilon} NO + N \quad (\lambda < 250\ nm)$$

ويؤدى أكسيد النيتريك **NO** الناتج عن هذه التفاعلات إلى خفض مستويات الأوزون ، نظراً لإمكانية حدوث التفاعل الآتى :

$$NO + O_3 \text{ ----------->} NO_2 + O_2$$

وعلى ذلك فإن الإسراف فى استخدام الأسمدة النيتروجينية يؤدى إلى زيادة كميات أكسيد النيتروز الذى يمكن أن يؤثر على طبقة الأوزون .

وتسبب أكاسيد النيتروجين تهيجاً للجهاز التنفسى فى الإنسان والحيوان يؤدى إلى حدوث تأثيرات خطيرة وطويلة على الصحة .

غازات أخرى

وهناك مواد غازية أخرى موجودة فى الغلاف الجوى ، ولكنها أقل خطورة من الغازات السابقة إلا إذا وجدت بتركيزات مرتفعة وتتضمن هذه الغازات : الأمونيا ، وكبريتيد الهيدروجين والمواد الهيدروكربونية والهالوجينية ، كما يتضح مما يلي :

أ- الأمونيا NH3

تنشأ معظم الأمونيا فى الغلاف الجوى من النشاط البكتيرى الطبيعى ، وتوجد أملاح الأمونيوم كجسيمات معلقة فى البيئة الحمضية ومنها : كلوريد الأمونيوم ونيترات الأمونيوم وكبريتات الأمونيوم ، ويؤكسد الأوزون الموجود فى الهواء الأمونيا مكوناً عدداً من المركبات مثل أكسيد النيتروز ونيترات الأمونيوم وغاز الأكسجين .

ب- كبريتيد الهيدروجين H2S

وينتج بصورة طبيعية من التحلل اللاهوائى للمادة العضوية ، أو بواسطة

الاختزال البكتيرى للكبريتات ، كما توضحه المعادلة الآتية :

$$SO_4^{2-} + 2\{CH_2O\} + 2H^+ \xrightarrow{desulphovibrio} H_2S + 2CO_2 + 2H_2O$$

كما ينتج كبريتيد الهيدروجين عند تكرير البترول ، وتحويل الفحم إلى غاز ، ومن مصانع الورق ولب الأخشاب ، وهو غاز سام جداً ، ويمكن أن يتأكسد بسرعة فى الهواء الجوى إلى ثانى أكسيد الكبريت فى وجود عامل حفاز ، كما يتضح من المعادلات الآتية :

$$H_2S + O_3 \longrightarrow H_2O + SO_2$$

$$H_2S + O \longrightarrow OH + SO_2$$

ج- المواد الهيدروكربونية

تكون الألكانات حوالى (٩٤%) من المواد الهيدروكربونية الملوثة للهواء الجوى ، ويكون الميثان CH_4 حوالى (٩٠%) من هذه الألكانات .

وينشأ الميثان عن احتراق الوقود ، وكنتيجة للتحلل اللاهوائى للمادة العضوية بواسطة البكتريا ، كما يتضح من المعادلة الآتية :

$$\underset{\text{كربوهيدرات}}{2\{CH_2O\}} \xrightarrow{bacteria} CO_2 + CH_4$$

د- الملوثات الهالوجينية

تتضمن الملوثات الهالوجينية الغازية : الهالوجينات الثنائيـــة ، وهاليــدات الهيدروجين ، والهيدروكربونات الهالوجينية مثل الفريونات وبعــض المبيــدات الزراعية ومبيدات الأعشاب ، كما توجد كجسيمات معلقة فى الهواء الجوى على شكل هاليد .

وتتضمن الهالوجينات الثنائية : الفلوريدات والكلوريدات والبروميدات ، كما تعد الفريونات إحدى مركبات الهيدروكربونات الهالوجينية ، فما هذه الفريونات ؟ وما الآثار الضارة المترتبة على استخدامها ؟

الفريونات هى الاسم التجارى لمركبات الفلوروكلوروكربون (مثــل ثنـــائى كلورثنائى فلورو الميثان) ، وكان يستخدم حوالى (٥٠%) من الفريونات كغازات دافعة فى علب الإيروسول ، ويستخدم (٢٨%) منها كمبرد ، و(١٠%) منها فـــى صناعة اللدائن ، و(٥%) كمذيبات .

وقد تغيرت هذه النسب فى الوقت الحاضر بسبب الاتجاه إلى خفض نســبة الفريونات المستخدمة فى علب الإيروسول ، لأنه ثبت تفاعلها مع الأوزون فـــى منطقة الإستراتوسفير .

ويتم ذلك نتيجة لحدوث تحلل كيميائى ضوئى للفريونات يؤدى إلى تكــون ذرات كلــور حــرة يمكن أن تتفاعل مع الأوزون ، كما يتضح مــن التفــاعلات الآتية :

$$CCl_2F_2 \xrightarrow{h\upsilon} Cl^{\cdot} + {}^{\cdot}CClF_2 \quad (\lambda = 175 - 220\ nm)$$

$$Cl^{\cdot} + O_3 \longrightarrow ClO^{\cdot} + O_2$$

$$ClO^{\cdot} + O \longrightarrow Cl^{\cdot} + O_2$$

$$Cl^{\cdot} + O_3 \longrightarrow ClO^{\cdot} + O_2$$

وقد يتفاعل أكسيد النيتريك الموجود فى منطقة الإستراتوسفير مع $ClO^{\cdot}$ مكوناً ذرة كلور حرة تؤدى إلى المزيد من استنزاف الأوزون ، كما يتضح من التفاعل التالى :

$$ClO^{\cdot} + NO \longrightarrow {}^{\cdot}Cl + NO_2$$

ويمكن أن تتفاعل ذرة الكلور الحرة مع غاز الميثان أو الهيدروجين ، وبذلك ينتهى تأثيرها على غاز الأوزون ، وتمثل هذه التفاعلات ما يعرف باسم تفاعلات الإنهاء ، كما يتضح من المعادلات الآتية :

$${}^{\cdot}Cl + CH_4 \longrightarrow HCl + {}^{\cdot}CH_3$$

$${}^{\cdot}Cl + H_2 \longrightarrow HCl + {}^{\cdot}H$$

الجسيمات المعلقة (الإيروسولات Aerosols) :

توجد أنواع متعددة من الجسيمات المعلقة فى الهواء الجوى ، منها على سبيل المثال ، جسيمات المادة الصلبة ــ سواء أكانت من أصل عضوى أم غير عضوى ــ فى صورة غبار أو دخان أو سناج ، وجسيمات السائل الدقيقة وتسمى رذاذ .

ويحتوى الضباب على تركيز عال من قطرات الماء الصغيرة ، ويطلق على الدخان والضباب معاً اسم الضباب الدخانى **Smog** .

وتختلف الجسيمات المعلقة فى الهواء الجوى باختلاف المنطقة التى تتواجد فيها ، فالجسيمات المعلقة التى تتكون فوق سطح المحيطات يكون تركيبها مشابهاً لتركيب الملاح الذائبة فى المحيطات ، وتعد أيونات Na^{+}, Cl^{-} المكون الـرئيس للجسيمات المعلقة فى المناطق القريبة من البحر ، أما المناطق الصناعية فيغلـب على هوائها أيونات $Cl^{-}, SO_4^{2-}, NH_4^{+}$ بينما تـزداد أيونـات $NO_3^{-}, Fe^{2+}, Pb^{2+}, SO_4^{2-}$ فى المناطق التى تزداد فيها حركة المرور .

وتؤثر الجسيمات المعلقة فى صحة الإنسان بدرجة خطيـرة فهـى تمثـل سطوحاً ماصة فعالة للمواد الغازية والمركبات العضوية الضارة ، مما يجعل هذه المواد أكثر قدرة على اختراق الرئتين والبقاء فيهما .

كذلك تسبب هذه الجسيمات تشتتاً وامتصاصاً لأشعة الشمس بنسبة (١٠%) تقريباً ، وقد يؤدى ذلك إلى خفض درجة حرارة الأرض فى حالة تزايـد كميـات الجسيمات المعلقة فى الهواء الجوى .

ويعد الرصاص من أخطر المعادن السامة التى تلـوث الهـواء الجـوى ، وترتفع نسبة وجوده فى الجو نتيجة خروجه فى عوادم السيارات ، حيث تضـاف مادة رابع إيثيل الرصاص إلى الجازولين المستخدم كوقود للسيارات بهدف زيادة رقم الأوكتان له ولإعطاء أكبر طاقة ، وبالتالى تخرج الغازات الناتجة عن احتراق الوقود فى السيارة مختلطة بالرصاص ، وتنتشر فـى الهـواء الـذى يستنشـقه الإنسان .

وتنشأ سمية الرصاص من تأثيره الضار على الجهاز العصبى الذى قد يؤدى إلى تلف المخ .

والسناج عبارة عن جسيمات صلبة دقيقة يقل قطر أغلبها عن الميكرون ، وهى مكونة من الكربون الناتج عن الاحتراق غير الكامل للمواد الكربونية .

وتشير بعض الدراسات إلى العلاقة بين زيادة نسبة السناج فى الهواء وعدد المرضى والوفيات .

أما الدخان فيتكون من جسيمات صلبة دقيقة ، يقل قطرها عن الميكرون ، وتنتج عن احتراق المعادن بعد أن تنصهر وتتبخر تحت تأثير الحرارة ، أى أن هذه الجسيمات عبارة عن أكاسيد معدنية .

التأثير الفسيولوجى للملوثات الكيميائية للهواء الجوى

أمكن تقسيم الملوثات الكيميائية التى تلوث الهواء الجوى حسب تأثيرها الفسيولوجى على الإنسان والحيوان إلى خمس مجموعات هى : الملوثات المهيجة ، والملوثات الخانقة ، والملوثات المخدرة ، والملوثات السامة ، والملوثات الصلبة غير السامة .

فما المواد الكيميائية التى تنتمى إلى كل مجموعة من هذه المجموعات ؟ وما تأثيرها الفسيولوجى على كل من الإنسان والحيوان ؟

الملوثات المهيجة

وهى مواد كاوية أو ملهبة بطبيعتها ، وتحدث إلتهابات فى الأسطح المخاطية أو الرطبة التى تتعرض لها ، وتختلف شدة هذه الإلتهابات باختلاف كل

من درجة تركيز تلك الملوثات فى الهواء ، ونوعية الجزء المعــرض لهــا مــن الجسم ، ومدة التعرض لها .

ومن أمثلة هذه الملوثات أكاسيد الكبريت ، والأبخرة والأتربــة القلويــة ، وغاز الأوزون ، وأكاسيد النيتروجين ، والفوسجين .

الملوثات الخانقة

وهى تتداخل مع عملية الأكسدة فى أنسجة الجسم المختلفة ، فبعضها يؤدى إلى تخفيــف نسبــة الأكسجين فى الهواء المستنشق إلى أقل مــن الحــد الــذى يتطلبه جســم الإنسان ، مما يؤثــر على عملية التنفس الطبيعــى فــى أنســجة الجسم مثل غازات ثانى أكسيد الكربــون والهيــدروجين والنيتــروجين وأكســيد النيتروز ، والبعض الآخــر منــها يمنــع الدم من اســتخلاص الأكســجين مــن الهواء المستنشق ، أو يمنع أنسجة الجسم من امتصاص الأكسجين الموجود فــى الدم ، ومن أمثلتها أول أكسيـــد الكربــون وســيانيد الهيــدروجين وكبريتيــد الهيدروجين .

الملوثات المخدرة

وتحدث تأثيرها على الجسم كله من خلال امتصاصها فى الــدم وتخفيفهــا جزئياً لضغطه ، مما قد يؤدى إلى ضعف المجموع العصبى المركزى فى المــخ ، ومن أمثلتها المواد الهيدروكربونية والكحولية .

الملوثات السامة

ومنها ما يحــدث ضــرراً عضويــــاً بالجهــاز الهضــمى مثــل المــواد

الهيدروكربونية الهالوجينية ، ومنها ما يتلف المجموعة الدموية مثل المذيبات العضوية كالبنزين والفينول ، ومنها سميات الأعصاب مثل الكحول الميثيلى وبعض الفلزات مثل الرصاص والزئبق ، وبعض اللافلزات غير العضوية مثل الفسفور والكبريت .

الملوثات الصلبة غير السامة

وهى تهيج الجهاز التنفسى مثل الأتربة التى تحدث تلفيات فى الرئة كالسيليكا والاسبستوس ، والأتربة الخاملة كالمواد الكربونية ، والأتربة الحمضية والقلوية .

المشكلات البيئية الناتجة عن التلوث الكيميائى للهواء الجوى

يؤدى تلوث الهواء الجوى بالملوثات الكيميائية إلى ظهور بعض المشكلات البيئية مثل مشكلة تدمير طبقة الأوزون ، ومشكلة تأثير البيوت الزجاجية ومشكلة الأمطار الحمضية ، ومشكلة الضباب الدخانى الضوء كيميائى .

فما أسباب كل من هذه المشكلات ؟ وما الآثار الضارة المترتبة على كل منها على البيئة بصفة عامة وعلى الإنسان بصفة خاصة .

١) مشكلة المطر الحمضى Acid rain :

ينتج المطر الحمضى عن ذوبان أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين فى ماء المطر تبعاً للمعادلات الآتية :

$$SO_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_3 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_3^{2-}$$

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

$$2NO_2 + H_2O \longrightarrow HNO_3 + HNO_2$$

وحمض النيتروز المتكون فى المعادلة الأخيرة غير ثابت ، ويتحلل بسرعة مكوناً الماء وأكسيد النيتريك .

كذلك يمكن أن ينتج المطر الحمضى من التفاعلين الآتيين :

$$H_2SO_4 + 2NaCl \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H^+ + 2Cl^-$$

$$2NH_4^+ + SO_4^{2-} + 2H_2O \longrightarrow 2NH_3 + 2H_3O^+ + SO_4^{2-}$$

ويتراوح الرقم الهيدروجينى PH لماء المطر النقى بين (٥.٥ ــ ٥.٧) ، ولكن نتيجة لذوبان هذه المواد فيه ينخفض الرقم الهيدروجينى له إلى (٢) مما يزيد من حموضة الماء فى الأنهار والبحيرات ، ويؤثر على الأسماك والأحياء المائية الأخرى ، كما يتسرب هذا المطر الحمضى إلى المياه الجوفية ويلوثها ويؤدى إلى تآكل المبانى بمرور الزمن ، لأنه يحول مواد البناء القاعدية مثل الرخام والحجر الجيرى إلى كبريتات كالسيوم القابلة للذوبان فى الماء بدرجة أكبر من الكربونات وبالتالى يسبب تآكلها ، كما يتضح من التفاعل التالى :

$$CaCO_3 + H_2SO_4 \text{------>} CaSO_4 + CO_2 + H_2O$$

وتتأثر التربة أيضاً من مرور المطر الحمضى عليها ، حيث أنه يذيب بعض عناصرها المغذية للنبات مثل الكالسيوم والبوتاسيوم ، مما يعجل باستنزاف هذه المواد من التربة ، كذلك يتأثر أيض metabolism الكائنات الدقيقة الموجودة بالتربة بالمطر الحمضى ، وقد يؤدى إلى قتل البكتريا التى يعتمد عليها النبات فى تثبيت النيتروجين .

وقد أشارت الدراسات العلمية إلى أن الكبريت يسبب حوالى (٦٠%) من غازات التلوث ، وأوصت بضرورة إزالته من الوقود قبل حرقه ، كما أصدرت الولايات المتحدة قانوناً يمنع استخدام الوقود الذى يحتوى على (١%) من الكبريت ــ سواء أكان فحماً أم نفطاً ــ إلا بعد استخلاص الكبريت منه .

٢) مشكلة الضباب الدخانى الضوء كيميائى Photochemical smog

وتحدث نتيجة امتزاج قطرات الماء المكونة للضباب ببعض نواتج الاحتراق غير الكامل لوقود السيارات (Pb, NO_x, CO ومواد هيدروكربونية) .

وتعد عوادم السيارات المصدر الرئيس للضباب الدخانى الضوء كيميائى ، الذى يظهر على هيئة ضباب أبيض مصفر يغلف المدن ، ويسبب تهيجاً للجهاز التنفسى ، وحدوث كثير من الوفيات .

وتتضمن الملوثات الكيميائية الموجودة فى الضباب الدخانى الضوء كيميائى : أكسيد النيتريك وثانى أكسيد النيتروجين ، وغاز الأوزون ، ومواد هيدروكربونية ، وألدهيدات .

والخطوة الضوء كيميائية الرئيسة فى تكوين الضـــباب الـــدخانى الضـــوء كيميائى هى التفاعل الآتى :

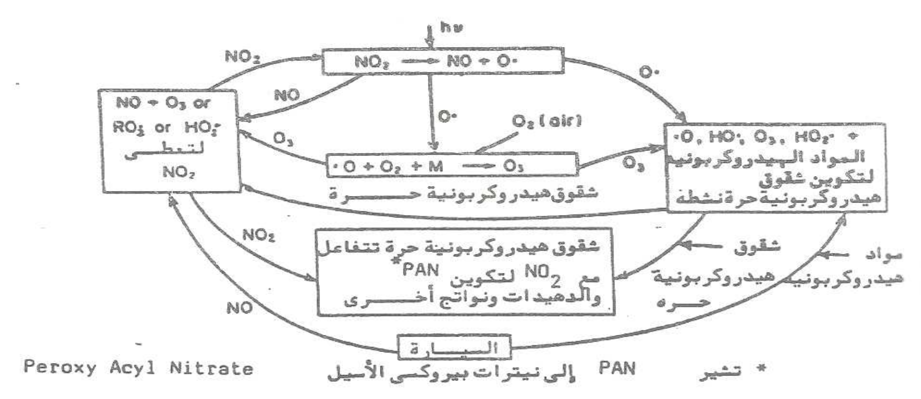
$$NO_2 \xrightarrow{h\upsilon} NO + O \quad (\lambda < 395\ nm)$$

وتليها التفاعلات الآتية :

$$O + O_2 + M \longrightarrow O_3 + M$$

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$

ويوضح شكل (١١) طريقة إنتاج الضباب الدخانى الضـــوء كيميـــائى فـــى الهواء الجوى .



شكل (١١)

إنتاج الضباب الدخانى الضوء كيميائى فى الهواء الجوى

٣) مشكلة تدمير طبقة الأوزون

تؤكد عديد من الفحوص والأدلة التى توصل إليها العلماء أن طبقة الأوزون المحيطة بالأرض ــ التى تقى الحياة على سطح الكرة الأرضية من الأشعة فوق البنفسجية الضارة الصادرة من الشمس ــ تتعرض للدمار والاستنزاف ، مما يفقدنا أحد الدروع الطبيعية المهمة التى تحمى الحياة على كوكبنا .

ويعتقد العلماء أن وجود بعض المواد الكيميائية له تأثير ضار على طبقة الأوزون ، ومن هذه المواد ما يلى :

١) الكيماويات التى ترتبط بعديد من المخلفات البلاستيكية لعالمنا والتى لا يعاد استخدام سوى القليل منها بينما يذهب معظمها إلى المحارق ، وينتج عن احتراقها غازات تعود بأوخم الأضرار على طبقة الأوزون .

٢) مذيبات البويات التى ينتج العالم منها عشرات الآلاف من الأطنان سنوياً ، والتى تتبخر وتتطاير وتصل أجزاء منها إلى طبقة الأوزون فى نهاية المطاف .

٣) مركبات الكلوروفلوروكربون المعروفة تجارياً باسم الفريونات ومن أمثلتها غازات كلوروثنائى فلور الميثان ($CHCLF_2$) وثنائى كلورو ثنائى فلورو الميثان ($CCL_2\ F_2$) ، ونظراً لما تتميز به مركبات الكلوروفلوروكربون من خواص مثل تبخرها فى درجة حرارة منخفضة وثباتها وعدم قابليتها للاشتعال ، وعدم سميتها ، فقد صارت المادة المثالية التى تستخدم فى عمليات التبريد (فى الثلاجات وأجهزة التكييف) كما تستخدم كمواد دافعة لترذيذ المواد من العبوات المضغوطة (بخاخات الإسبراى أو الإيروسولات

المستخدمة فى الحياة اليومية كعبوات المبيدات الحشرية ومعطـرات الجـو ومزيلات العرق) ، كما دخلت مادة الكلوروفلوروكربون على نطاق واسع فى قوام بعض المواد البلاستيكية نظراً لأنها مادة جيدة العزل ، ومما ساعد على انتشار استخدام هذه المادة كونها مادة بسيطة التصنيع ورخيصة التكلفة .

وعلى المدى الطويل فإن جميع الفريونات المستخدمة فى أى غرض ينتهى بها المطاف إلى أن تطلق فى الجو وتتصاعد هذه المركبات الكيميائية إلى طبقـة الإستراتوسفير خلال عدة سنوات لتبدأ بعدها فى الدخول فى عـدد ضـخم مـن التفاعلات الكيميائية الضوئية المعقدة التى تؤدى فى النهاية إلى تكسير جزيئـات الأوزون وتفكيكها وبالتالى تدمير غاز الأوزون بتركيزاته المعروفة فـى طبقـة الإستراتوسفير ، ويتم ذلك كما يلى :

يتكون جزئ الأوزون من ثلاث ذرات من الأكسجين ، وعند وصول جـزئ مركب الكلوروفلوروكربـون إلى طبقة الأوزون يـتحطم بفعـل الأشـعة فـوق البنفسجية ، وتنطلق منه ذرة كلور ، سرعان ما تتحد هذه الذرة مع إحدى ذرات جزئ الأوزون الثلاث مكونة أول أكسيد الكلور ، بينما تكـون ذرتـا الأكسـجين الباقيتان جزئ أكسجين عادى .

ونظراً لأن جزئ أول أكسيد الكلور غير ثابت ، فسرعان ما تتحد ذرة حرة من الأكسجين الموجودة فى الغلاف الجوى مع ذرة الأكسجين فى هـذا الجـزئ لتكوين جزئ آخر من الأكسجين العادى تاركة ذرة الكلور طليقة ونشـطة مـرة أخرى لتعاود اتحادها مع ذرات جزئ آخر من الأوزون ، وهكذا تتوالى العمليـة بسرعة لتقل جزيئات الأوزون تباعاً .

ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلات الآتية :

$$CCl_2F_2 \xrightarrow{h\upsilon} Cl^{\cdot} + \dot{C}ClF_2 \quad (\lambda = 175 - 220\ nm)$$

$$Cl^{\cdot} + O_3 \longrightarrow ClO^{\cdot} + O_2$$

$$ClO^{\cdot} + O \longrightarrow Cl^{\cdot} + O_2$$

$$\text{OR} \quad ClO^{\cdot} + NO \longrightarrow Cl^{\cdot} + NO_2$$

وقد وجد أن العمر المتوسط للجزئ الواحد من مركبات الفريون يتراوح بين (٧٥ ــ ١١٠) أعوام يظل خلالها قائماً بدوره فى تدمير الأوزون الـذى يحمـى الحياة على سطح الأرض من الأشعة فوق البنفسجية الضارة .

وقد قدر العلماء أن ذرة كلور واحدة تنفصل من جزئ الفريون يمكنهـا أن تدمر حوالى مائة ألف جزئ من الأوزون ، ومن هنـا تنشـأ خطـورة مركبـات الكلوروفلوروكربون .

ويعتقد العلماء أن أكاسيد النيتروجين التى تنتج عن النشاط البكتيرى خلال استخدام المخصبات النيتروجينية ، والناتجة عن عوادم الطيران العالى الأسـرع من الصوت فى طبقات الجو العليا ، تعمل كمادة حفازة فى تدمير الأوزون ، كمـا توصل العلماء إلى أن التفجير الذرى الحادث فوق سطح الأرض تنتج عنه كميات كبيرة من أكاسيد النيتريك التى يمكن أن تسـبب اسـتنفاذ طبقـة الأوزون تبعـاً للمعادلات الآتية :

$$NO_2 \xrightarrow{h\upsilon} NO + O \quad (\lambda = 290 - 430\ nm)$$

$$O_3 + NO \longrightarrow O_2 + NO_2$$

$$O_3 + NO_2 \longrightarrow O_2 + NO_3$$

$$NO_3 \xrightarrow{h\upsilon} NO + O_2$$

ويؤدى تدمير طبقة الأوزون إلى نفاذ كميات كبيـــرة مـــن الأشـــعة فـــوق البنفسجية الضارة الصادرة من الشمس إلى سطح الأرض والتى تســـبب إصـــابة الإنسان بسرطان الجلد والماء الأزرق فى العين وافتقاد المناعة ضد الأمـــراض ، كما تؤدى إلى حدوث تغييرات مناخية فى العالم وتدمير غابات الأرض الكثيفـــة ، وتقليل إنتاج الأراضى الزراعية ، والقضاء على أغلب الأحياء الموجـــودة علـــى سطح الأرض ، ما عدا الحشرات التى لا تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية .

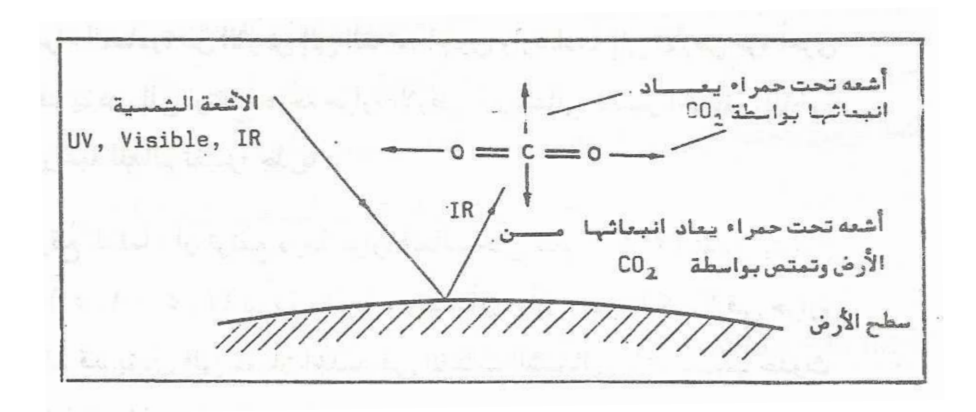
٤) مشكلة تأثير البيوت الزجاجية

وتنشأ هذه المشكلة نتيجة للزيادة المطردة فى نسبة غـــاز ثـــانى أكســـيد الكربون ـــ وبعض الغازات الأخرى الحابسة للحـــرارة كالميثـــان ـــ فـــى الجـــو والناتجة عن العمليات الصناعية المختلفة ، واستعمال الإنسان لمصـــادر الطاقـــة على اختلاف أنواعها ، حيث يؤدى تزايد ثانى أكسيد الكربون إلى منع نفاذ الأشعة تحت الحمراء الصادرة من الأرض إلى الغلاف الجوى وارتدادها إلى الأرض مرة أخرى مما قد يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض ، وبالتالى تغييـــر الخريطـــة المناخية والزراعية للعالم تغييراً جذرياً .

ويتوقع العلماء أن ترتفع حرارة العالم حتى عام (٢٠٣٠) بمقدار يتـــراوح بين (١.٥ ـــ ٤.٥) درجة مئوية ، ويتنبأون بأن ارتفاعاً كهذا فى حرارة العالم قد يؤدى إلى ذوبان الجليد فى القطب الشمالى ، مما يســبب حـــدوث فيضـــانات للبحار والمحيطات تؤدى إلى غرق المدن الساحلية والأراضى المنخفضة ، فضلاً عن أن اختلاف درجة الحرارة سوف يغير الخريطة المناخية والزراعيـــة للعـــالم تغييراً جذرياً .

ويمكن تفسير سبب ارتفاع درجة حرارة الأرض نتيجـــة لتزايـــد كميـــات الغازات الحابسة للحرارة كما يلى :

تنفذ الأشعة الشمسية إلى الغلاف الجوى للأرض محتوية على طاقة فـــوق بنفسجية ومرئية وتحت حمراء ، وحينما يعاد انبعاثها من الأرض فإنها تكون فى المنطقة تحت الحمراء فقط ، وإذا فقدت الأرض هذه الطاقة بانتقالها إلى الغـــلاف الجوى فسوف تنخفض درجة حرارتها إلى ما بين (− ٢٠°م) و (− ٤٠°م) ولكن وجود بخار الماء وثانى أكسيد الكربون فى الهواء يؤدى إلى عدم انخفاض درجة حرارة الأرض ، بل إنها تصل فى وجودهما إلى متوسط درجـــة حـــرارة يعـــادل (١٤°م) ، لأن بخار الماء وثانى أكسيد الكربون يقومان بامتصاص بعض الأشعة تحت الحمراء المنبعثة من الأرض إلى الغلاف الجوى ، ثم يعاد انبعاثها فى كـــل الاتجاهات ، كما يتضح من شكل (١٢) :



شكل (١٢)

امتصاص الأشعة تحت الحمراء الصادرة من الأرض بواسطة CO_2

وعلى ذلك فإن زيادة كميات ثانى أكسيد الكربــون ــ والغــازات الأخــرى الحابسة للحرارة ــ فى الغلاف الجوى تعنى زيادة الأشعة تحت الحمراء التى تمنع من النفاذ إلى الغلاف الجوى والتى تعاد مرة أخرى إلى الأرض مما يــؤدى إلـــى ارتفاع عالمى فى درجة الحرارة .

وسائل التحكم فى التلوث الكيميائى للهواء الجوى

نظراً لخطورة تلوث الهواء الجوى بالمواد الكيميائية ، وما يترتب عليه من آثار صحية ضارة على كل من الإنسان والبيئة ، فقد سنت القوانين والتشـــريعات الخاصة بخفض نسبة الغازات المنبعثة فى الهواء الجوى ، والحـــد مـــن إطـــلاق المواد الكيميائية الخطرة فى مجال الصناعات المختلفة .

ويمكن التحكم فى تلوث الهواء بالمواد الكيميائية بطريقتين هما : الـــتحكم فى الملوثات المكونة لعوادم السيارات بأنواعها المختلفة ، والتحكم فى الملوثـــات الناتجة عن الصناعات الكيميائية .

وسوف نستعرض فيما يلى إجراءات كل من الطريقتين :

(١) التحكم فى الملوثات المكونة لعوادم السيارات

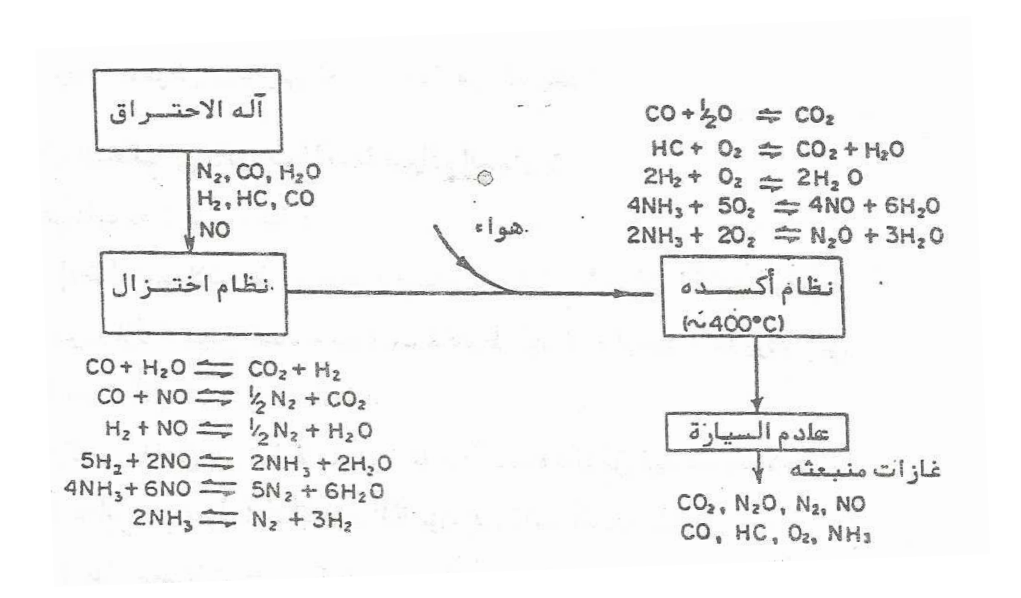
ويتم ذلك بعدة طرق منها :

* إدخال تعديلات على محرك السيارة لتحقيق الاحتراق الكامل للوقـــود ، مـــن خلال تحقيق النسبة المثالية لمخلوط الهواء والوقود ، مما يؤدى إلى انبعاث أقل قدر من الملوثات .
* تركيب مفاعل فـــى نهاية ماسورة عادم السيارة تكتمل فيه عمليـــة الاحتراق (مثال ذلك تحول أول أكسيد الكربون إلى ثانى أكسيد الكربون) .
* استخدام محولات حفزية كجزء من نظام عادم السيارة ، حيث يحـــدث فيهـــا نوعان متضادان من العمليات الكيميائية ، النوع الأول هو أكسدة أول أكسيد الكربـــون ، والمواد الهيدروكربونية ، والنوع الثانى هـــو اختـــزال أكســـيد

النيتريك ، وتتم عملية الاختزال أولاً يتبعها دخول الهواء وحـــدوث عمليـــة الأكسدة .

وتستخدم العوامل الحفازة فى صورة فلزات مثـــل Pt, Pd مدعمـــة علـــى أكسيد الألومنيوم ، أو فى صورة أكاسيد مثل Cr_2O_3, CuO, CaO مدعمة على أكسيد الألومنيوم ، أو فى صورة خليط من الفلزات والأكاسيد .

ويوضح شكل (١٣) عدداً من التفاعلات التى يمكن أن تحـــدث فـــى حالـــة استخدام محولات حفزية فى السيارات .

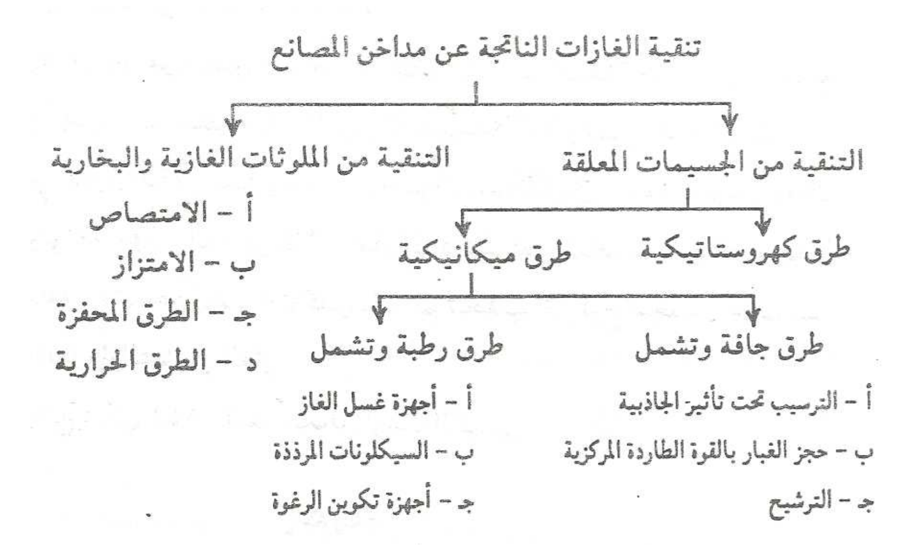


شكل (١٣)

التفاعلات المرتبطة باستخدام محولات حفزية فى السيارات

(٢) التحكم فى الملوثات الناتجة عن الصناعات الكيميائية

ويتم ذلك عن طريق تنقية الغازات الناتجة عن مداخن المصانع ، ويمكن تلخيص الإجراءات المتضمنة فى هذه العملية فيما يلى :



يتضح مما سبق أن تنقية الغازات الناتجة عن مداخن المصانع تتضمن تنقيتها من الإيروسولات ، وهى الجسيمات المعلقة ، وتنقيتها من الملوثات الغازية والبخارية .

وتضم الإيروسولات جسيمات المواد الصلبة المعلقة ــ سواء أكانت من أصل عضوى أم غير عضوى ــ وتكون فى صورة غبار أو دخان أو رذاذ ناتج

عن تكثف أبخرة الأحماض ، أو تحول الأحماض السائلة إلى رذاذ (غالباً ما يكون حمض الكبريتيك وحمض الفسفوريك) .

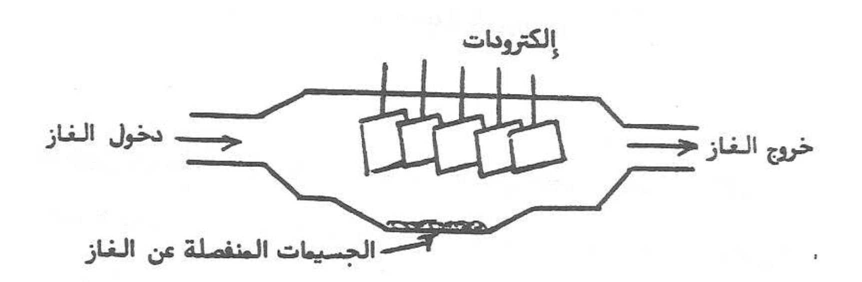
وتتضمن الملوثات الغازية والبخارية الموجودة فـــى غـــازات المـــداخن : الأحماض والهالوجينات ومشتقاتها والأكاسيد الغازية والألدهيـــدات والكيتونـــات والكحولات والأمينات والمواد الهيدروكربونية وأبخرة الفلزات .

طرق التنقية من الجسيمات المعلقة :

يوجد نوعان من الطرق المستخدمة لتنقية الغازات المنبعثة مـــن مـــداخن المصانـــع من الجسيمات المعلقـــة همـــا : الطـــرق الكهروســـتاتيكية والطـــرق الميكانيكية .

ففى الطرق الكهروستاتيكية يستخدم المرسب الكهربى ، وفيه يوجد مجـــال كهربى ذو جهد عال ، يمر خلاله الغاز المراد تنقيته ، فيحدث تـــأين للجســـيمات المعلقة ، وتتشحن بشحنات كهربية ، ثم تنجذب إلى لوح مجمع ، حيث يتم تعادلها وإزالتها من الغاز .

ويوضح شكل (١٤) أحد أشكال المرسب الكهربى .



شكل (١٤)

المرسب الكهربى

أما الطرق الميكانيكية فتشمل طرقاً جافة وطرقاً رطبة .

وتتضمن الطرق الجافة ترسيب الجسيمات المعلقة تحت تأثير الجاذبية ، وحجز الغبار بواسطة القوة الطاردة المركزية ، والترشيح .

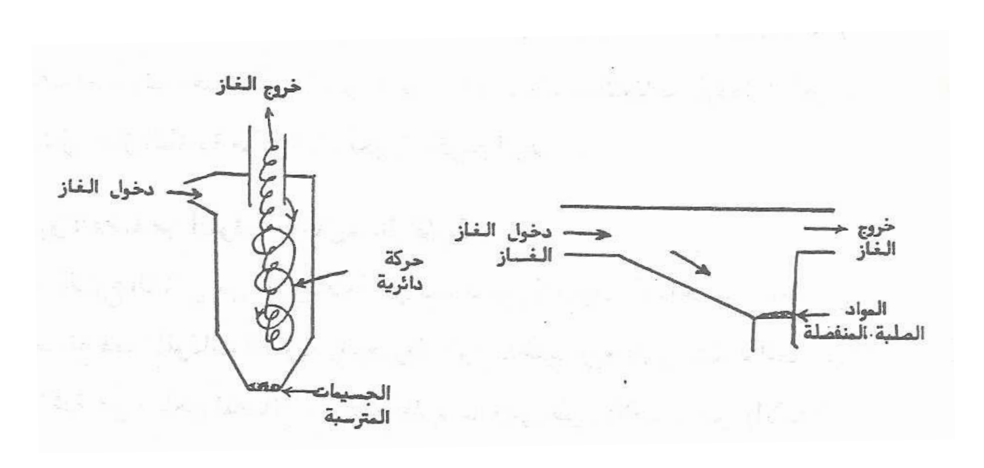
أ- الترسيب تحت تأثير الجاذبية

تعتمد طريقة الترسيب تحت تأثير الجاذبية على ترسيب الجسيمات المعلقة نتيجة لتأثير قوة الجاذبية الأرضية ، وذلك عندما يمر الغاز المحمل بالغبار المراد تنقيته بسرعة منخفضة ، ودون تغيير اتجاه سريان الغاز ، كما يتضح من شكل (١٥ أ) .

ب- حجز الغبار بواسطة القوة الطاردة المركزية

ويتم حجز الغبار بواسطة القوة الطاردة المركزية نتيجة لسريان الغاز المراد تنقيته بطريقة دائرية فى جهاز مناسب ، وتستخدم السيكلونات لهذا الغرض ، حيث تقذف الجسيمات الموجودة فى الغاز إلى جانب السيكلون فتسقط

وتجمع ، كما يتضح من شكل (١٥ ب) .

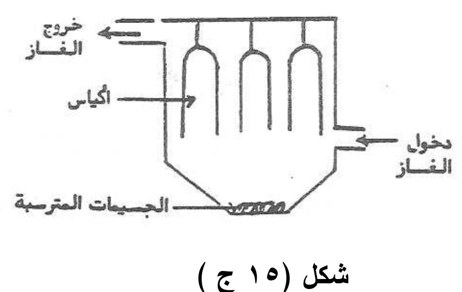


شكل (١٥ ب)
جهاز الفصل بواسطة القوة الطاردة المركزية

شكل (١٥ أ)
الترسيب تحت تأثير الجاذبية

ج- الترشيح

وتعتمد طريقة الترشيح على إمرار الغاز المراد تنقيته خلال أنسجة متعددة مثل القطن والصوف والألياف الكيميائية والزجاج الليفى Fiber Glass وغيرها ، كما يتضح من شكل (١٥ ج) .



شكل (١٥ ج)
المرشح

الطرق الرطبة

وتعتمد الطرق الرطبة ــ وهى النوع الثانى من الطرق الميكانيكية ــ على تنقية الغازات من الجسيمات المعلقة عن طريق غسل الغاز بواسطة سائل (عادة ما يكون ماء) وهى أوسع الطرق انتشاراً ، وتستخدم لإزالة جسيمات الغبار والدخان والرذاذ ــ مهما كان حجمها ــ من الغازات المراد تنقيتها ، وتستخدم لذلك أجهزة غسل الغاز ، والسيكلونات المرذذة (أجهزة غسل الغاز الطاردة مركزياً) وأجهزة تكوين الرغوة .

طرق التنقية من الملوثات الغازية والبخارية

أما النوع الثانى من الملوثات الذى يوجد فى الغازات الناتجة من مداخن المصانع فهو الملوثات الغازية والبخارية ، وتستخدم أربع طرق لتنقية الغازات الناتجة عن مداخن المصانع من هذه الملوثات وهى طرق الامتصاص والامتزاز

والطرق المحفزة والطرق الحرارية .

أ- الامتصاص

تعتمد طريقة الامتصاص على الذوبانيـــة الاختياريـــة للملوثـــات الغازيـــة والبخارية فى السائل .

وتتميز طريقة تنقية الغازات بواسطة الامتصاص بأنهـــا عمليـــة دائريـــة ومستمرة ، لأن امتصاص الملوثات عادة ما يتبعه إعادة إنتاج المحلول المـــاص لكى يبدأ دورة التنقية مرة أخرى .

وتستخدم طريقة الامتصاص فى الصناعة لاستخلاص كل من ثانى أكســـيد الكبريت وأكاسيد النيتـــروجين وأبخـــرة الأحمـــاض $HC1, HF, H_2SO_4$ وأول وثانى أكسيد الكربون ، وبعض المركبات العضوية مثل الفينـــول والفورمالدهيـــد والمذيبات المتطايرة وغيرها .

ومن المواد الماصة التـــى تستخدم فى هذه الطريقـــة المـــاء ، ومحاليـــل الأمونيا ، وأملاح المنجنيـــز ، وهيدروكســـيد الكالســـيوم ، وأكاســـيد المنجنيـــز والماغنسيوم ، وكبريتات الماغنسيوم .

ب- الامتزاز

تستخدم طريقة الامتزاز لحماية الغلاف الجوى من المواد الغازية السامة ، حتى ولو وجدت بتركيزات منخفضة ، بما يضمن تركيز هـــذه المواد والانتفـــاع بها . وتستخدم لذلك مواد صلبة لها قدرة عالية على الامتـــزاز مثـــل الكربـــون المنشط والسيليكا جل ، والألومينا جل ، والزيوليتـــات الطبيعيـــــة والمحضـــرة كيميائياً .

ج- الطرق المحفزة

وتختلف الطرق المحفزة المستخدمة فى تنقية الغازات عن الطرق الأخــرى فى أن الملوثات الغازية والبخارية لا يتم استخلاصها من الغاز ، ولكنه تتحول إلى مركبات غير ضارة يمكن أن تتواجد فى غازات مداخن المصانع بأمان ، أو تتحول إلى مركبات يمكن فصلها بسهولة من بخار الغاز .

وتحدث فى هذه الطرق تفاعلات كيميائية فى وجود عوامل حفازة صــلبة ، وتستخدم الطرق المحفزة لأكسدة ثانى أكسيد الكبريت إلى ثالث أكسيد الكبريــت ، وأكسدة كبريتيد الهيدروجين إلى الكبريت .

ومن الصعب وضع حدود فاصلة بين طرق الامتزاز والطرق المحفزة ، لأن العوامل التقليدية ذات القدرة على الامتزاز مثل الكربون المنشط والزيوليتات هى عوامل حفازة نشطة ، وتستخدم لتحفيز تفاعلات كيميائية عديدة .

د- الطرق الحرارية

وتستخدم الطرق الحرارية لإزالة تلوث الغازات ـــ المنبعثـــة مـــن مـــداخن المصانع ـــ المحتوية على تركيزات مرتفعة مـــن الملوثـــات العضـــوية القابلـــة للاحتراق ، كما تستخدم أيضاً فى حالة ارتفاع تركيز غاز أول أكسيد الكربون فى الغازات المنبعثة .

وقد وجد أنه من الأفضل استخدام عدة طرق لتنقية الغازات المنبعثـــة مـــن مداخن المصانع بدلا من استخدام طريقة واحدة ، وذلك للحصول على تنقية جيدة لهذه الغازات ، ففى المراحل الأولى ، حينما يكون محتوى الملوثات السامة فـــى الغازات المراد تنقيتها مرتفعاً ، تكون أساليب الامتصاص أكثر ملاءمة للتنقيـــة ، بينما تكون أساليب الامتزاز أو الحفز أفضل فى مرحل التنقية المتقدمة .

الفصل الخامس

تلوث الماء

- الملوثات الكيميائية للمياه
- الآثار الضارة المترتبة على التلوث الكيميائى للمياه
- وسائل التحكم فى التلوث الكيميائى للمياه



الفصل الخامس

تلوث الماء

يعرف تلوث الماء بأنه أى تغير دخيل على صفات الماء يجعله غير صـالح للاستخدام فى الغرض المحدد له .

وبالرغم من أن المحيط المائى فى البيئة كبير ، إلا أن نسبة الصالح منـه للاستخدام لا تتعدى (١%) فقط ، وحتى هذه النسبة البسيطة تتعرض للتلوث من مصادر أهمها فضلات الإنسان المنزلية ، وتصريف مياه الأمطـار ، والأنشـطة الصناعية والزراعية ، وعمليات استكشاف البترول وتصديره وتكريره ، مما يجعل هذا الماء المتاح غير صالح للاستخدامات المختلفة ، وبالتالى يـؤدى اسـتخدامه إلى إصابة كل من الإنسان والحيوان والنبات بأضرار وأخطار صحية جسيمة .

الملوثات الكيميائية للمياه

يوجد عديد من المواد الكيميائية التى يمكن أن تلوث المياه ومن أمثلتها :

أ- المنظفات الصناعية

وبعضها غير قابل للتفكك الحيوى مما يؤثر على الأحياء الدقيقة والأسماك التى تعيش فى الماء ، كما يضر بالبكتريا المحللة ، فيتعفن الماء ويفقـد قدرتـه على إعاشة الكائنات الحية الأخرى .

وتعد المنظفات الصناعية المحتوية على (٣٠%) من وزنها من الفوسفات أقل ضرراً على البيئة ، لأنها غير سامة للأحياء المائية أو للإنسان ، ولكن وجودها فى المياه يؤدى إلى إنعاش بعض الطحالب والنباتات المائية التى تعيش عليها أنواع من البكتريا الهوائية ، فتستهلك هذه البكتريا الأكسجين المذاب فى الماء مما يضر بالأحياء المائية .

ب- المخلفات الصناعية التى تحتوى على مركبات الزئبق والرصاص والكادميوم ، والتى تلقى فى الماء دون معاملة أو تنقية ، وتكمن خطورة هذه المركبات فى انتقالها إلى الإنسان عن طريق سلاسل الغذاء .

وبالرغم من قلة تركيز هذه المركبات فى المياه ، إلا أن أثرها خطير جداً على الإنسان ، لأن الكائنات المجهرية تمتص هذه المركبات وتجمعها فى جسمها ، ثم تنتقل هذه المركبات إلى أجسام الأسماك التى تتغذى على الكائنات المجهرية ، وبالتالى تنتقل إلى جسم الإنسان الذى يتغذى على هذه الأسماك مما يؤدى إلى إصابته بالتسمم .

وقد وجد أن أخطر مركبات الزئبق على صحة الإنسان هى ألكيلات الزئبق ، حيث إنها تتركز فى خلايا المخ ، وتعطل عمل الإنزيمات ، مما يعطل التفاعلات الحيوية التى تتم داخل الجسم .

ج- المخلفات البترولية الناتجة عن البواخر ، وعن حوادث ناقلات البترول والتنقيب عن البترول فى مياه البحار ، وقد وجد أن كميات النفط التى تلوث المياه نتيجة لعمليات النقل وحدها تقدر بحوالى مليونى طن سنوياً ، بينما تقدر كمية التلوث بالنفط نتيجة لاستخدامات الإنسان بأكثر من عشرة ملايين

طن سنوياً .

ويؤدى تسرب زيت البترول إلى الماء إلى عزل أكسجين الهواء الجوى عن الماء ، مما قد يؤدى إلى هلاك كثير من الكائنات الحية البحرية وخاصة الأسماك .

د- المواد الصلبة غير القابلة للتفكك حيوياً ، التى تلقى فى المياه مثل النايلون والبلاستيك وغيرها من البتروكيماويات ، حيث لا تستطيع بكتريا التحلل تحليل هذه المواد ، مما قد يؤثر على الأحياء الدقيقة والأسماك التى تعيش فى الماء .

ه- مبيدات الآفات الزراعية

تعد المبيدات العضوية الهالوجينية من أخطر المبيدات التى تلوث المياه ، وتكمن خطورتها فى أنها تظل ثابتة كيميائياً لعدة أعوام قبل أن تتحلل ، كما أن لها طبيعة تراكمية فى أنسجة الأحياء المائية ، مما يسبب لها عديد من الأمراض الفتاكة ، هذا بالإضافة إلى أنها تنتقل إلى جسم الإنسان خلال السلاسل الغذائية .

و- المطر الحمضى

وينتج عن ذوبان أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين فى ماء المطر ، وينزل هذا المطر إلى مياه الأنهار والبحيرات ويلوثها ، ويقتل الأسماك والأحياء المائية الأخرى مما يهدد الثروة السمكية ، هذا إلى جانب أنه يتسرب إلى المياه الجوفية ويلوثها .

ز- الفلزات التى تنتقل إلى المحيط المائى نتيجة لعمليات التعرية التى تحدث لكل

من الصخور والتربة ، والتى تسقط من الغلاف الجوى ، والتى تنتج عن النشاط الزراعى ، ومياه الصرف المنزلى .
فما أخطر هذه الملوثات الفلزية ؟ وكيف تصل إلى المحيط المائى ؟ وما الآثار الضارة الناتجة عن تواجد كل منها فى الماء ؟

الآثار الضارة المترتبة على التلوث الكيميائى للمياه

تكمن خطورة الملوثات الكيميائية للمياه فى أنها جميعاً تدخل إلى جسم الإنسان أو الحيوان بطريقة مباشرة أو غير مباشرة عن طريق الجهاز الهضمى أو المسام الجلدية مؤثرة فى صحته تأثيرات بالغة .

ويعد كل من الزئبق والرصاص والكادميوم والزرنيخ من أخطر الملوثات الفلزية التي تلوث المياه نظرا لتأثيراتها البيولوجية الخطيرة علي كل من الإنسان والحيوان ، كما يتضح مما يلي :

١. الزئبق

ينتقل الزئبق إلي المياه من خلال مياه الصرف الناتجة عن الأنشطة الصناعية والزراعية .

ويعانى كثير من الأفراد من التسمم بميثيل الزئبق نتيجة لتناول الأسماك الملوثة بهذه المادة ، وإذا تعرض الجنين لهذه المادة فإنه يصاب بتلف فى المخ قد يؤدى إلى الوفاة ، وتمثل مركبات الزئبق غير العضوية خطورة أقل من مركباته العضوية ، وينشأ التسمم بأيونات الزئبق Hg^{2+} نتيجة لارتباطه بالبروتينات والإنزيمات .

وتظهر أعراض التسمم بالزئبق فى صورة هبوط حاد ، وعصبية ، وشـلل ، وتشوهات للجنين ، وتدمير للكروموسومات ، وقد ينتهى الحال بالوفاة .

٢. الرصاص

ويدخل إلي البيئة البحرية نتيجة لاستخدامه في صناعة مواسير المياه وعلب الصفيح المستخدمة في تعبئة المواد الغذائية .

ويؤثر الرصاص على الجهاز العصبى ، ويؤدى إلى تلف فى المخ ، ويـؤثر على الكلى .

والأطفال الصغار أكثر قابلية للتعرض لذلك ، حيث يمكن أن يـؤدى التسـمم بالرصاص إلى إصابتهم بالتخلف العقلى .

٣. الزرنيخ

ويوجد في القشرة الأرضية مرتبطا بصخور الفوسفات ، ولهذا يظهر كشوائب في كل من الأسمدة الفوسفاتية والمنظفات الصناعية الفوسفاتية .

وتظهر أعراض التسمم بالزرنيخ فى اضطراب الجهاز الهضـمى فـى حالـة التسمم السريع ، أما التسمم البطئ فقد يؤدى إلى نقص الوزن وسقوط الشعر وحدوث الالتهابات الجلدية .

٤. الكادميوم

ويجد طريقه إلي المحيط المائي من مناطق استخراج الزنك نتيجة لوجـوده مرتبطا به جيوكيميائيا .

وتؤدى زيادة نسبة الكادميوم فى الماء إلى ارتفاع ضغط الدم فى الحيوانات ، ومن ثم إصابتها بأمراض القلب ، وينشأ أيضاً عن هذه الزيادة تدمير للجهاز

التنــفسى ، وتجمع للكادميوم فى الكبد والكلى مما قد يــؤدى إلــى الفشــل الكلوى .

وتؤثر الملوثات الكيميائية للمياه على الحياة البحرية أيضاً ، حيــث تعمــل جميع المواد العضوية ، وقليل من المواد غير العضــوية علــى إنقــاص كميــة الأكسجين الذائب فى المياه ، مما يضر كثيراً بالأحياء المائية ويؤدى إلــى مــوت كثير منها ، كما يعمل وجود هذه المواد على إنقاص قدرة الميــاه الذاتيــة علــى التنقية .

هذا إلى جانب أن تواجد المواد السامة العضوية وغير العضوية فى الميــاه يؤدى إلى موت عديد من الأسماك الصغيرة ، بينما تختزن بعض الأسماك الكبيرة هذه السموم فى أجسامها ، مما يعود بالضرر البالغ على صحة الإنســان الــذى يتناول هذه الأسماك .

وتتأثر التربة بالملوثات الكيميائية للمياه ـــ فى حالة استخدام المياه الملوثة فى الزراعة ـــ حيث تعمل هذه الملوثات العالقة بالمياه ، وخاصة المواد العضوية منها ، على الإضرار بالكائنات الحية الموجودة فى التربة مما يســبب تخريبهــا كبيئة زراعية .

كذلك تجد هذه الملوثات طريقها إلى المياه الجوفية وإلى جذور النباتــات ، ومنها إلى بقية أعضائها مما يؤدى إلى تلوثها (أو إتلافها) ، وبالتــالى انتقــال هذه الملوثات إلى الإنسان ـــ أو الحيوان الذى يتغذى على هذه النباتات ـــ خــلال سلاسل الغذاء .

وسائل التحكم فى التلوث الكيميائى للمياه

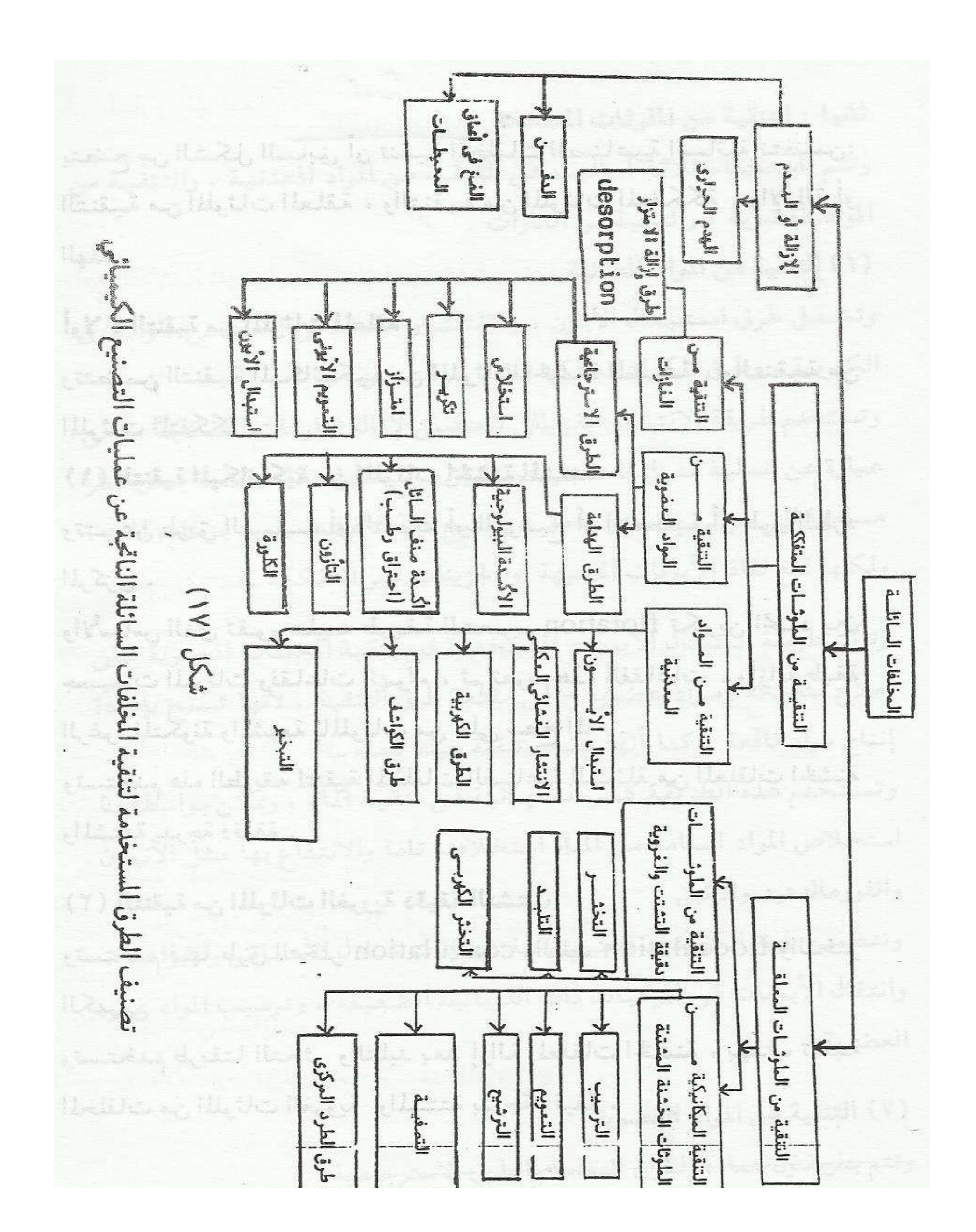
يمكن التحكم فى التلوث الكيميائى للمياه باستخدام طرق متعددة منها :

أ) إجراء الدراسات اللازمة لمعرفة نوعية الملوثات وكمياتها ، التى تلقى فى مياه الأنهار والبحيرات ، وبالتالى يمكن تحديد الوسائل المناسبة لمعالجتها .

ب) استعمال مبيدات زراعية أكثر قابلية للتحلل ، ودراسة طرق التخلص منها إذا وصلت إلى المياه .

ج) معالجة المخلفات الصناعية السائلة قبل إلقائها فى مياه الأنهار والبحيرات ، وإيجاد وسائل لمعالجة مياه الصرف الناتجة عن بعض عمليات التعدين ، بهدف خفض كمية الملوثات المعدنية التى تحتوى عليها .

ويوضح شكل (١٧) تصنيف الطرق المستخدمة فى تنقية المخلفات السائلة الناتجة عن الصناعات الكيميائية المختلفة ، وذلك تبعاً لنوعها وحالات تشتتها والتكوين الكيميائى للملوثات الموجودة بها .



شكل (١٧)

تصنيف الطرق المستخدمة لتنقية المخلفات السائلة الناتجة عن عمليات التصنيع الكيميائى

يتضح من الشكل السابق أن تنقية المخلفات الصناعية السائلة تتضــمن : التنقيــة من الملوثات المعلقة ، والتنقية من الملوثات المتفككــة ، والإزالــة أو الهدم .

أولاً : التنقية من الملوثات المعلقة

وتتضمن التنقية الميكانيكية من الملوثات الخشنة المشتتة ، والتنقية مــن الملوثات المتفككة .

(١) التنقية الميكانيكية من الملوثات الخشنة المشتتة

وتتم عن طريق الترسيب أو التعويم أو الترشيح أو التصفية أو طرق الطرد المركزى .

والأساس الذى تقوم عليه طريقة التعويم **Flotation** تكوين اتحــاد بــين جسيمات الملوثات وفقاعات الهواء ، ثم تعويم هذه الفقاعــات ، وإزالــة طبقــة الرغوة المتكونة والمشبعة بالملوثات من على سطح الماء .

وتستخدم هذه الطريقة لتنقية المخلفات الصناعية السائلة مــن المعلقــات الخشنة والمشتتة بدرجة دقيقة .

(٢) التنقية من الملوثات الغروية دقيقة التشتت

وتستخدم فيها طــرق التخثــر **Coagulation** والتلبــد **Flocculation** والتخثر الكهربى .

وتستخدم طريقتا التخثر والتلبد بعد إزالة المعلقات الخشنة ، بهدف تنقيــة المخلفات من الملوثات الغروية والمشتتة بدرجة دقيقة .

ثانياً : التنقية من الملوثات المتفككة

وتتم باستخدام ثلاثة أساليب هى التنقية من المواد المعدنية ، والتنقية من المواد العضوية ، والتنقية من الغازات .

(١) التنقية من المواد المعدنية

وتشمل طرق استبدال الأيون ، والانتشار الغشائى العكسى ، والطرق الكهربية ، وطرق الكواشف الكيميائية ، والتبخير .

وتأتى طريقة استبدال الأيون ــ المستخدمة فى تنقية المخلفات المحتوية على أملاح متفككة ومواد عضوية ــ فى مقدمة طرق التنقية ، لأنها تسمح بإعادة إنتاج مواد نافعة ، كما أنها تضمن تنقية جيدة للماء .

وتستخدم هذه الطريقة كمرحلة نهائية فى تنقية الماء ، ويمكن بواسطتها استخلاص المواد السامة من المياه استخلاصاً تاماً والانتفاع بها مثل الأنيلين والفورمالدهيد والزئبق .

وتستخدم طريقة الانتشار الغشائى العكسى لإزالة الملوثات المتفككة ، وهى عبارة عن عملية فصل المحاليل عن طريق ترشيحها خلال أغشية يصل قطر مسامها إلى حوالى نانومتر واحد ، وتسمح هذه الأغشية بمرور جزيئات الماء ، ولكنها تمنع نفاذ الأيونات المتميهة أو الجزيئات غير المتفككة .

وتتضمن طرق الكواشف الكيميائية عمليات تعادل الأحماض والقواعد ، وانتقال الأيونات فى المركبات ذات الذوبانية الضعيفة ، وترسيب المواد غير العضوية .

(٢) التنقية من المواد العضوية

وتتم بطريقتين هما : الطرق الهدامة والطرق الاسترجاعية

أ- الطرق الهدامة

وتتضمن الأكسدة البيولوجية ، وأكسدة صنف السائل (الاحتراق الرطب) والتأزون ozonization ، والكلورة chlorination .

وتعد التنقية البيولوجية من أشهر الطرق المستخدمة على نطاق واسع فى تنقية المخلفات الصناعية ومياه الصرف الصحى .

وتعتمد هذه الطريقة على الأكسدة البيولوجية للمواد العضوية ، وبعض المواد غير العضوية ، نتيجة لنشاطات الكائنات الدقيقة التى تستخدم الملوثات كمواد مغذية .

وينتج عن الأكسدة البيولوجية نواتج غير ضارة مثل الماء وثانى أكسيد الكربون وأيونات النيترات والكبريتات .

وتستخدم طريقتا التأزون والكلورة بصورة شائعة فى المعالجة المتقدمة للمياه ، وإزالة تلوثها وجعلها صالحة للشرب . وتجرى هاتان العمليتان على المخلفات الصناعية المحتوية على الملوثات العضوية والسيانيدات والمواد غير العضوية ذات الرائحة الكريهة .

ب- الطرق الاسترجاعية

وتتضمن طرق الاستخلاص والتكرير والامتزاز والتعويم الأيونى واستبدال الأيون .

(٣) التنقية من الغازات

وتتم من خلال طرق إزالة الامتزاز desorption .

ثالثاً : الإزالة أو الهدم

وهى الوسيلة الثالثة لتنقية المخلفات الصناعية السائلة .

وتتم عن طريق الهدم الحرارى أو الدفن فى باطن الأرض ، أو الضخ فى أعماق المحيطات .

ويتم الهدم الحرارى بالأكسدة التامة (الحرق) للملوثات العضوية وتحويلها إلى ثانى أكسيد الكربون والماء وغاز النيتروجين .

الفصل السادس

تلوث التربة والغذاء

- الملوثات الكيميائية للتربة الزراعية .
- الآثار الضارة للتلوث الكيميائى للتربة .
- التلوث بالمبيدات الكيميائية .
- الآثار الضارة للمبيدات الكيميائية .
- التحكم فى التلوث بالمبيدات الكيميائية .
- المواد الكيميائية التى تلوث الغذاء .
- الآثار الضارة المترتبة على التلوث الكيميائى للغذاء .



الفصل السادس

تلوث التربة والغذاء

تلوث التربة

تتلوث التربة بعديد من المواد الكيميائية المختلفة ، وخاصة أن كل ما يلوث الهواء والماء يلوث التربة أيضاً .

ويأتى تلوث التربة المركز والمباشر عن طريق استخدام المواد الكيميائية فى الأغراض الزراعية مثل الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية ، ومبيدات الفطريات والأعشاب والآفات الزراعية التى تستخدم على نطاق واسع فى الوقت الحاضر .

الملوثات الكيميائية للتربة الزراعية

يمكن تحديد أهم الملوثات الكيميائية للتربة الزراعية فيما يلى :

أ) المبيدات الحشرية ومبيدات الآفات والفطريات .

ب) الأسمدة المعدنية .

ج) الملوثات الكيميائية للهواء التى تسقط على التربة .

د) الملوثات الكيميائية للمياه التى تنتقل إلى التربة .

ه) النفايات الصناعية الصلبة التى يتم تصريفها فى التربة .
و) النفايات المشعة التى يتم التخلص منها فى التربة بطريقة غير سليمة بيئياً .
ز) التحولات الكيميائية للأسمدة المعدنية بالتربة ، التى ينتج عنهـا مركبـات أو غازات سامة مثل تحول النيترات والنيتريتات إلى النيتروزوأمين الذى يسـبب الإصابة ببعض الأمراض الخطيرة ومنها السرطان .

الآثار الضارة للتلوث الكيميائى للتربة

أجريت عدة بحوث لدراسة أثر ملوثات التربة على نمو بعـض النباتـات ، وقد أثبتت هذه البحوث أن نبات القمح يتأثر نموه ، كـذلك امتصاصـه لـبعض المخصبات ، بملوثات التربة الناتجة عن مياه الرى .

فعلى سبيل المثال يؤثر ماء الرى المحتوى على حمض النيتريك على الرقم الهيدروجينى للتربة ، وبالتالى يؤثر على امتصاص النبات لغذائه منها .

ولكن هل يتوقف التأثير الضار لملوثات التربة على النباتات فقط ، أم أنـه يتعدى ذلك إلى الإنسان وغيره من الكائنات الحية ؟

يمكن تحديد الآثار الضارة لملوثات التربة فيما يلى :

١) تسمم بعض الملوثات التربة ، وتقتل الكائنات الدقيقة المفيدة الموجودة بها ، ومن أمثلة هذه الملوثات : مركبات كل من الزرنيخ والرصـاص والكلـور ، وغيرها من المركبات الناتجة عن مبيدات الآفات أو عوادم السيارات .
٢) تبقى بعض هذه الملوثات فى التربة لعـدة أعـوام فتـؤثر فـى إنتاجيتهـا وخصوبتها ، وتقلل من وجود كل من الأكسجين والنيتروجين فى حبيباتها .

٣) تتحلل بعض ملوثات التربة ببطء ، بينما يذوب البعض الآخر فى مياه الـرى وتمتصه النباتات عن طريق جذورها ، وبالتالى تصل هـذه الملوثـات إلـى أوراقها وثمارها وتلوثها ، كما تنتقل هذه الملوثات إلى الحيوانات التى تتغذى على النباتات الملوثة بها ، ومنها إلى الإنسان خلال سلاسل الغذاء .

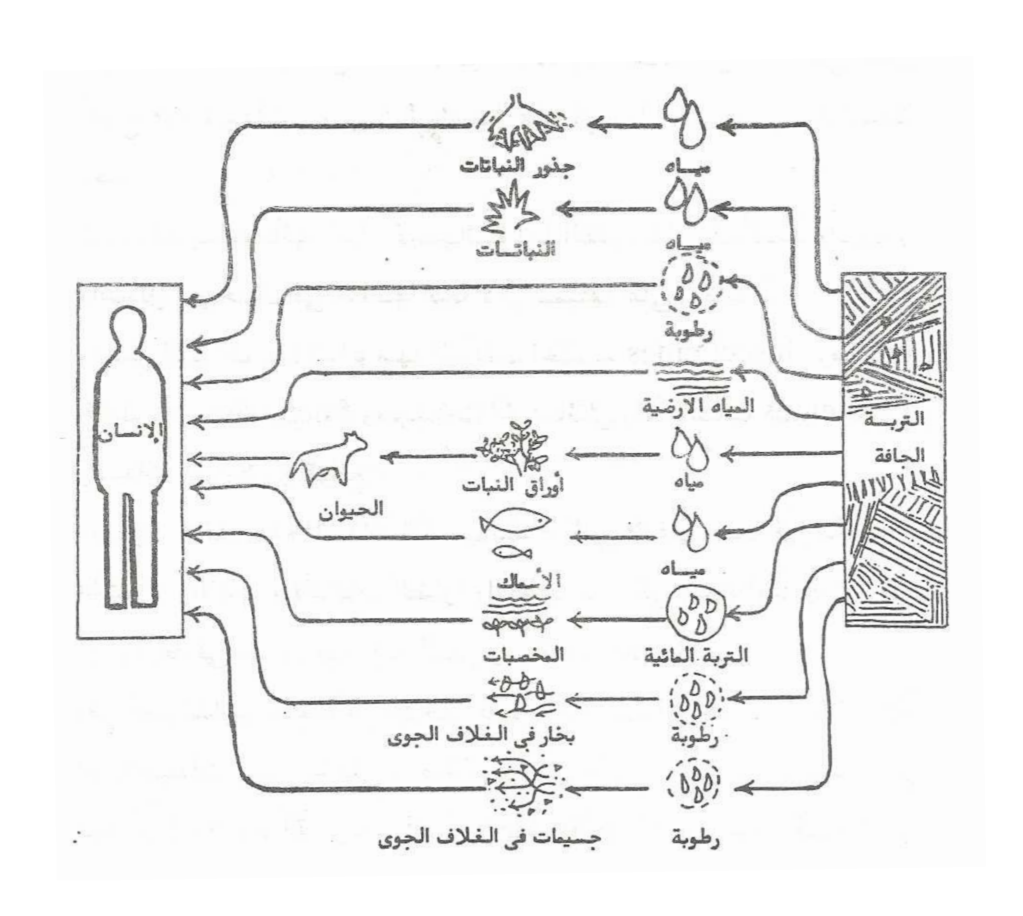
٤) مع تزايد استخدامات المواد المشعة والتطبيقات النووية فى السلم والحرب ، فإن بعض النظائر المشعة الناتجة عن هذه الاستخدامات تتساقط على التربـة الزراعية فيمتصها النبات ، وبالتالى تصل خلال السلسلة الغذائية إلى الحيوان ومنه إلى الإنسان .

وقد أثبتت الدراسات أن نسبة وجود الإشعاعات فـى أجسـام كثيـر مـن اليابانيين والأوروبيين تفوق نظائرها فى الدول النامية بكثير .

كما أثبتت الأبحاث أن النباتات ، وخاصة الحبوب كالأرز ، لا تميـز بـين الكالسيوم وبين نظير الاسترنشيوم (٩٠) المشع ، وبالتالى فإنها يمكن أن تمتصه إذا وجد فى التربة بدلاً من الكالسيوم ، وبالتالى ينتقل هذا النظيـر المشـع إلـى الإنسان آكل هذه النباتات ويتراكم فى عظامه ، مما يؤثر على عملية تكون خلايا الدم بالجسم ، وقد زادت فى الآونة الأخيرة نسبة الإصابة بأمراض سرطان الـدم والعظام الناشئة عن التلوث الإشعاعى للتربة .

مما سبق يمكنك الإجابة عن السؤال السابق وهو : هـل يتوقـف التـأثير الضار لملوثات التربة على النباتات فقط ، أم أنه يتعدى ذلك إلى الإنسان وغيـره من الكائنات الحية ؟

ويوضح شكل (١٨) الطرق التى يمكن أن تنتقل بها الملوثات مـــن التربـــة إلى الإنسان .



شكل (١٨)

طرق انتقال ملوثات التربة إلى الإنسان

التلوث بالمبيدات الكيميائية

نظراً لخطورة المبيدات الكيميائية وتأثيراتـــها الضـــارة علـــى الإنســـان والحيوان ، التى تنتج عن الإفراط فى استخدام هذه المبيـــدات نتيجـــة التوســـع الزراعى وبهدف زيادة الانتاج ، ونظراً لزيادة حالات التسمم الغذائى الناتجة عـــن المبيدات الكيميائية فى الآونة الأخيرة ، فسوف نستعرض فيما يلى بعض أنـــواع هذه المبيدات ، وأثر التلوث بها على الإنسان وغيره من الكائنات الحية .

تعرف المبيدات بأنها مواد كيميائية لها القـــدرة علـــى التأكســـد والتبخـــر والتحلل ، وتختلف فى خواصها تبعاً لأثر سميتها على الآفات .

وتشمل المبيدات عدة أنواع منها المبيدات الحشرية ، ومبيدات الفطريات ، ومبيدات الحشائش والأعشاب ، ومبيدات القوارض والقواقع .

ويؤدى استخدام هذه المبيدات الكيميائية ــ التى لا غنى عنها فى مكافحـــة الحشرات والآفات والأعشاب الضارة والفطريات ــ إلى زيادة الإنتاجيـــة ، إلا أن الإفراط فى استخدامها يهدد البشر وحياة الكائنات الأخرى .

وفى أحد تقارير لجنة الأمم المتحدة ظهر أنه توجد فى حوالى (٨٥) دولـــة نامية مبيدات حشرية على درجة كبيرة من الخطورة على صحة الإنسان ، كما أن (٨٠) دولة من هذه الدول لا تملك الأجهزة الحكومية الفنية التى تســـتطيع فهـــم طبيعة هذه المبيدات وكيفية استخدامها والوقاية منها ، ونتيجة لذلك اتسع نطـــاق التلوث الغذائى وحالات التسمم القاتلة بين الإنسان والحيوان .

وأشار تقرير الخبراء وأطباء هيئة الصحة العالمية إلى أن أكثر من مليون شخص بالدول الناميـــة يصابون سنوياً بحالات تســـمم حـــادة بســـبب اســـتخدام

المبيدات ، ويؤدى ذلك إلى موت حوالى ٢٠ ألف شخص سنوياً ، وقـد صـرح متحدث باسم وكالة حماية البيئة الأمريكية أن رواسب المبيدات الحشـرية تمثـل تهديداً بيئياً خطيراً يؤدى للإصابة بالسرطان كما هو الحال بالنسبة للسجائر وغاز الرادون .

وتوجد أنواع عديدة من المبيدات الكيميائية ، ولكن أخطرها هى المبيـدات التى تنتسب إلى مجموعة المركبات العضوية الهالوجينية ، ومما يزيد من خطورة هذه المركبات أنها شديدة الثبات وتبقى فى التربة دون أن تتحـل لفتـرة زمنيـة طويلة ، قد تصل إلى أكثر من عشر سنوات .

وأكثر هذه المبيدات شهرة ، وأكثرها انتشاراً حتى الآن هو مركب (د.د.ت D.D.T) الذى يعرف كيميائياً باسم ثنائى كلوروثنائى فينيل ثلاثى كلوروإيثـان ، ويحضر بتفاعل الكلورال Chloral مع كلوروبنزين فى وجود حمض الكبريتيـك المركز كعامل حفاز .

$$C\,Cl_3-CHO + 2\ H-C_6H_4-Cl \xrightarrow[\text{conc.}]{H_2So_4} C\,Cl_3-CH(C_6H_4Cl)_2$$

كلـورال   كلوروبنزين   D.D.T.

وتوجد مبيدات أخرى تتصف بفاعليتها الشديدة ، ومـــن أمثلتهـــا اللنـــدان Lindane وهو أيزومر جاما لمركب سداسى كلوروسيكلوهيكسان 6 – Hexa – chloro - Cyclohexane ، ويعد من أقوى المبيدات المعروفة وتقدر ســميته بنحو (٥ ــ ٢٠) مرة قدر سمية (د.د.ت) ضد الحشرات ، ويستخدم فى كثير من الدول لمكافحة الآفات الزراعية .

كما توجد أيضاً بعض المركبات العضوية المحتوية على الكلور ، والمشتقة من السيكلوبنتادايين ، والتى تعد من المبيدات القوية المســتخدمة فـــى مكافحـــة الآفات الزراعية مثل الدايلدرين والهبتاكلور والكلوردان .

وفيما يلى الصيغ البنائية لبضع هذه المركبات :

جاما – سداسى كلوروسيكلو هيكسان
(لندان)

بارا – ثنائى كلورو ثنائى فينيل ثلاثى
كلورو إيثان (د . د . ت)

هبتا كلـــور   دايلدريــــن

ويؤدى الإسراف فى استخدام هذه المبيدات العضوية الهالوجينية إلى تلوث التربة الزراعية بها ، حيث يتبقى جزء كبير منها فى الأرض الزراعية ، قد تصل نسبته إلى حوالى (١٥%) من كمية المبيد المستخدم .

الآثار الضارة للمبيدات الكيميائية

هل يتوقف التأثير الضار للمبيدات الكيميائية على تلويث التربة ومحاصيلها الزراعية فقط ؟ وكيف يتأثر الإنسان وغيره من الكائنات الحية بالإسراف الشديد فى استخدام المبيدات الزراعية ؟

يتأثر الإنسان بالمبيدات بطريقة غير مباشرة ، فهو يتغذى على النباتات والحيوانات ومنتجاتها ، ويصل إليه مع غذائه كل ما تختزنه هذه النباتات والحيوانات من المبيدات فى أنسجتها ، فقد تبين أن بعض الحيوانات لها القدرة على تركيز بعض هذه المبيدات فى أنسجتها الدهنية مهما كانت نسبة المبيدات التى تتعرض لها .

وقد أدى الإسراف الشديد فى استخدام مبيد (د.د.ت) إلى وجود آثار منه فى كل مكان : فى الماء وفى التربة وفى أجسام كثير من الكائنات ، حتى أنه يقال أن هناك نسبة ما من هذا المبيد فى جسم كل إنسان على سطح الأرض مهما كانت ضآلة هذه النسبة . وقد أكدت الدراسات أن لبن بعض الأمهات المرضعات يحتوى على تركيز طفيف من هذا المبيد ، وفى ذلك خطورة شديدة لأنـــه ســينتقل إلـــى أطفالهن الرضع مسبباً لهم أضراراً بالغة .

كذلك أوضحت التجارب التى أجريت على حيوانات التجـــارب أن التعـــرض لتركيز زائد من مبيد (د.د.ت) يسبب بعض الأمراض ، منها على سبيل المثـــال حدوث بعض الاضطرابات فى وظيفة كل من المعدة والكبد ، وفقـــدان الـــذاكرة ، وبعض مظاهر التبلد والخمول ، وقد يؤدى إلى تدمير العناصر الوراثية فى الخلايا وتكون أجنة مشوهة .

كما أوضحت هذه التجارب أن مبيد (د.د.ت) يتدخل فى العمليات الكيميائية المؤدية إلى تكوين عنصر الكالسيوم فى أجسام الطيور ، مما يؤدى إلى وضع هذه الطيور لبيض رقيق القشرة لا يتحمل الصدمات ، فيتهشم فى بعض الأحيان ممـــا ينتج عنه موت الأجنة ، وقد أدى ذلك إلى انقراض بعض فصائل الطيور ، ومـــن أمثلة الطيور التى أوشكت على الانقراض لهذا السبب النسر الأمريكـــى والصـــقر وطائر البليكان وغيرها .

ونظراً لخطورة مبيد (د.د.ت) وآثاره الضارة ، قامت كثيـــر مـــن الـــدول الغربية بحظر استخدامه ، هو وبعض المبيدات الأخرى ، بعد أن اكتشفت سميتها بالنسبة لكثير من الكائنات الفقارية غير الحشرات .

ومما يؤسف له أن مبيد (د.د.ت) المحظور استخدامه دولياً لا يزال يستخدم فى بعض الدول النامية ومن بينها بعض دول حوض النيل ، مما يؤدى إلى تلويث مياه النيل بهذا المبيد الخطير .

ويؤدى الإسراف فى استخدام المبيدات الحشرية إلى فقدان التوازن الطبيعى القائم بين الآفات وبين أعدائها الطبيعية ، مما ينتج عنه زيادة كبيرة وغير متوقعة لبعض الأنواع من هذه الآفات .

فعلى سبيل المثال ، انتشر العنكبوت الأحمر ودودة اللوز فى جمهورية مصر العربية فى أعقاب استخدام بعض المبيدات الحشرية بإسراف شديد وبطريقة غير سليمة ، ولم تكن مثل هذه الحشرات من الآفات الخطيرة فيما مضى ، ولكن قتل المبيدات لأعدائها الطبيعية ترك لها حرية التكاثر وأطلق لها العنان .

كذلك يؤدى انتقال المبيدات الحشرية إلى المجارى المائية إلى قتل كثير من الكائنات الدقيقة التى تعيش فى الماء ، والتى تقوم بدور مهم فى حفظ التوازن الطبيعى للبيئة ، حيث تسهم هذه الكائنات فى تنقية الماء من كثير من عوامل التلوث ، وتساعد على الحفاظ على نسبة الأكسجين الذائب فى المياه . هذا بالإضافة إلى دور المبيدات فى قتل بعض الكائنات الأخرى مثل الأسماك والطيور بطريقة غير مباشرة من خلال سلاسل الغذاء .

التحكم فى التلوث بالمبيدات الكيميائية

حذر العلماء والباحثون من أن دول العالم الثالث أصبحت مقبرة للمبيـــدات الممنوعة دولياً ، والتى توقف استخدامها فى الدول المتقدمة والمصـــنعة لهـــا ، حيث يتم تصديرها إلى دول العالم الثالث لاستخدامها فيها ، بالإضافة إلى أن هذه الدول تصدر المبيدات بدون وسائل للأمان معها ، فى حين أنها لا تباع فى بلادها إلا ومعها وسائل الأمان المختلفة من جـــوارب وملابـــس وإســـعافات ومعامـــل متطورة ، وإذا قامت الشركات المنتجة بإعطاء أجهزة معملية إلـــى دول العـــالم الثالث مع المبيدات ذاتها تعطيها أجهزة بها عيوب وغير صالحة للاستخدام .

وحذر أحد العلماء المصريين المتخصصين فـــي مجـــال كيميـــاء وســـمية المبيدات مـــن مشكلة خطيرة تهدد حاضر الإنتاج الزراعى فى مصر ومستقبله ، وهى مشكلة تهريب المبيدات عبر حدودنا المختلفة الشرقية والغربية والجنوبيـــة عن طريق شركات استيراد الكيماويات وإدخالها مع الخامات الدوائية ، وغالباً ما تكون هذه المبيدات مجهولة الهوية ، ويقوم بعض التجار فى المنـــاطق الريفيـــة ببيع المبيدات فى عبوات قديمة أو مخالفة للمواصفات دون رقابة وبدون تحليـــل لمحتوياتها .

كذلك تقوم بعض الدول الآسيوية بإنتاج المبيدات التى انتهت فترة احتكـــار إنتاجها فـــى صورة تجاريـــة رخيصة لمنافســـة المنتـــجات الأصـــلية ، دون مراعـــاة للمواصفات الأصليـــة للمنتـــج مما يجعل هذه المبيدات تحتـــوى علـــى عديد من الشوائب الضارة والسامة التى تسبب مخاطر صحية جســـيمة للإنســـان والبيئة .

وقد طالب خبراء وعلماء لجان الأمم المتحدة بضرورة عدم استخدام المبيدات الحشرية بالدول النامية قبل التأكد من استخدامها فى الدول الغربية التى أنتجتها .

والسؤال الآن : ألا يوجد بديل يمكن استخدامه لتجنب كل هذه الآثار الضارة المترتبة على استخدام المبيدات الزراعية .

فى محاولة لعلاج مشكلة التلوث بالمبيدات ، اتجه البحث العلمى فى الوقت الحاضر إلى استخدام بدائل لهذه المبيدات مثل استعمال مستخلصات نباتية للقضاء على الحشرات والآفات ، أو استخدام بعض النباتات التى تنمو برياً فى إبادة بعض أنواع البكتريا والفطريات .

وقد ثبتت فاعلية استخدام مستخلص معين من نبات العرقسوس فى مقاومة ديدان القطن ، كما تمكن العلماء من استخدام المواد الجاذبة للجنس التى تطلقها إناث الحشرات فى جذب ذكور هذه الحشرات من كل مكان ، وبذلك يمكن تجميع الذكور فى مكان واحد على هيئة مصيدة والقضاء عليها بمبيد حشرى دفعة واحدة

وتتميز هذه الطريقة بأنها تقلل من أخطار المبيدات الحشرية نظراً لاستخدام هذه المبيدات فى حيز محدود جداً ، هو حيز المصيدة ، كما أن للمواد الجاذبة للجنس نوعية التأثير ، بمعنى أنها تجذب ذكور أحد الأنواع فقط ، ولا يتأثر بها ذكور الأنواع الأخرى ، وبذلك يمكن القضاء على الحشرات الضارة فقط دون المساس بحياة الحشرات النافعة الأخرى .

كما استخدم الإشعاع لتعقيم ذكور بعض الحشرات الضارة وإناثها ، ثم نشرها فى الجو ، وقد استخدمت هذه الطريقة لمكافحة ذبابة الفاكهة والبعوض .

تلوث الغذاء

يعد تلوث الغذاء من المشكلات التى يتعرض لها الإنسان فى شتى أرجـــاء العالم ، ويوجد عديد من الملوثات التى تلوث الغذاء ، منها الملوثات البيولوجيـــة التى تتمثل فى الكائنات الحية المسببة للأمراض مثل البكتريا وبيض بعض الديدان الطفيلية مثل ديدان الإسكارس .

المواد الكيميائية التى تلوث الغذاء

قد يتلوث الغذاء ببعض المواد الكيميائية منها :

١) المبيدات الزراعية التى تستخدم لحماية النباتـــات والمزروعـــات والأغذيـــة المخزونة من الأوبئة والأمراض ــ وكما سبق القول ــ فإن هـــذه المبيـــدات تنتقل خلال سلاسل الغذاء إلى الإنسان .

٢) الأسمدة والمخصبات الزراعية التى تستخدم لتخصيب التربة ، بهدف تحسين الإنتاج الزراعى وزيادته ، حيث تنتقل إلى جسم الإنسان إما بطريقة مباشـــرة عبر المواد الغذائية النباتية ، أو بطريقة غير مباشرة خلال سلاســـل الغـــذاء مسببة له أضراراً صحية بالغة ، وقد أكدت الدراسات خطورة أسمدة النيترات فى إحداث الإصابة بالسرطان .

٣) المواد المشعة الناتجة عن تساقط الغبـــار الـــذرى علـــى النباتـــات والتربـــة الزراعيـــة ، أو نتيجة لتلوث الهواء والماء بمخلفات التجارب النووية .

٤) بعض المواد الكيميائية المستخدمة فى تعبئة المواد الغذائية ، ومن هذه المواد البوليمر المعروف باسم بولى فينيل كلوريد Poly vinyl chloride ، والذى يحضر بواسطة بلمرة مركب كلوريد الفينيل Vinyl Chloride ، كما يتضح من المعادلة الآتية :

$$CH_2 = CHCl \xrightarrow{polymerization} [CH_2 - \underset{\underset{Cl}{|}}{CH}]_n$$

وترجع خطورة هذه المادة إلى أنها تحتوى دائماً على نسبة ضـئيلة مـن كلوريد الفينيل الحر الذى لم يتحول إلى البوليمر ، وهو مـادة سـامة وتسـبب الإصابة بالسرطان ، فإذا استخدمت مادة " بولى فينيل كلوريد " فى تعبئة الألبـان أو الزيوت أو بعض العصائر ، فإن كلوريد الفينيل الحر يذوب فى هذه السوائل ، وينتقل بالتالى إلى الإنسان متسبباً فى إصابته بالسرطان .

٥) المواد الكيميائية المستخدمة فى التصنيع الغذائى والمعروفة باسم المضـافات الغذائية Food Additives التى يمكن تصنيفها إلى ما يلى :

أ) المواد الحافظة :

وهى مواد كيميائية تستخدم لحفظ الغذاء ، وتعمل على منـع نمـو البكتريـا وإفسادها للغذاء ، ومن أمثلتها بنزوات الصوديوم ونيتريت الصوديوم وثانى أكسيد الكبريت ، وثانى أكسيد الكربون وميتا بيكبريتيت الصوديوم وحمـض الميثانويك وحمض الإيثانويك وحمض اللاكتيك .

ب) عوامل التلوين :

وهى مركبات عضوية معقدة تضاف إلى الغذاء لأسباب عديدة ، منها إعـادة لون الغذاء الذى فقده فى أثناء معالجته ، أو إضفاء لون طبيعى للغـذاء ، أو إعطاء بعض الأغذية ألواناً لم تكن لها ، ومن أمثلتهـا التتـرازين الأصـفر والكربون الأسود .

ج) مضادات التأكسد :

وهى مواد تضاف للغذاء لمنع تأكسده ، وتحمى هـذه الكيماويـات الـدهون والزيوت من التزنخ ، ومن الكيماويات المضادة للتأكسد حمـض السـتريك وحمض الإسكوربيك .

د) المستحلبات وحافظات الخواص الطبيعية والكيميائية ومكسبات القوام :

وتضاف هذه المواد الكيميائية للأغذية لتحسين صفاتها ، ومن أمثلتها البكتين وكربوكسى ميثيل سليلوز الصوديوم .

ه) مكسبات الطعم والنكهة والرائحة :

ومن أمثلتها السكارين الذى يستخدم فـى التحليـة الصـناعية ، كمـا تعـد الإسترات من المواد الكيميائية العضوية التى تستخدم دائماً لإعطـاء الغـذاء نكهة الفواكه ورائحتها .

الآثار الضارة المترتبة على التلوث الكيميائى للغذاء

لبعض المضافات الغذائية تأثيرات صحية ضارة على الإنسـان ، فـالمواد الحافظة مثلاً تمنع تعرض المواد الغذائية المحفوظة للفساد ، إذا أضـيفت إليهـا بكميات مسموح بها دولياً ، أما إذا تجاوزت كميتها الحد المطلوب فإنها تؤدى إلى

تسمم الغذاء .

وقد منعت الدول المتقدمة إضافة مادة نيتريت الصوديوم عند حفظ اللحوم نظراً لخطورتها وآثارها المدمرة على صحة الإنسان ، أما دول العالم الثالث فما زالت تضيف مادة نيتريت الصوديوم إلى منتجات اللحوم المحفوظة ، وبنسب غير مباحة دولياً ، معتمدة فى ذلك على أنه بزيادة الكمية المضافة من المادة الحافظة تزداد مدة حفظ اللحوم لآجال طويلة .

وقد أثبتت الدراسات التى أجرتها الدول المتقدمة أن إضافة مادة نيتريت الصوديوم فى عملية حفظ اللحوم يسبب أضراراً صحية بالغة للإنسان حيث تسبب هذه المادة آثاراً مدمرة لخلايا الجسم ، فكيف يحدث ذلك ؟ وما هذه الآثار المدمرة التى تحدث للخلايا ؟

اكتشف العلماء أنه عند دخول اللحم الممتزج بنيتريت الصوديوم (كمادة حافظة) إلى المعدة ، تتفاعل هذه المادة مع حمض الهيدروكلوريك الموجود بالمعدة ، ويتكون كلوريد الصوديوم وحمض النيتروز اللذان يسيران مع الدم ويصلان إلى الخلايا ويسببان لها أضراراً بالغة تتمثل فى :

- **يدمر حمض النيتروز القواعد النيتروجينية المكونة للأحماض النووية DNA, RNA ، التى تكون الشفرات الوراثية ، وهذه القواعد هى الأدنين والجوانين والسيتوزين والثيامين واليوراسيل ، وذلك بتحويلها إلى مشتقات لهذه القواعد كما يتضح من المعادلات البسيطة التالية :**

  أدنين + حمض نيتروز ← هيوزانثين يرتبط بالسيتوزين بدلاً من الثيامين

  سيتوزين + حمض نيتروز ← يوراسيل يرتبط بالأدنين بدلاً من الجوانين

جوانين + حمض نيتروز ← زانثين يرتبط بالسيتوزين

وهذا عكس ما يحدث فى أثناء انشطار جــزئ حمــض DNA لتكويـــن جزيئين ، حيث يرتبط السيتوزين بالجوانين ، وبالتالى يلعب حمض النيتروز دوراً كبيراً فى إحداث تغييرات جينية ، مما يؤدى إلى حدوث طفرات مرضية وهى أحد مسببات السرطان .

- يؤدى كلوريد الصوديوم الناتج من هذا التفاعل إلى زيادة عنصر الصـــوديوم فى سوائل الجسم ، وفى الدم أيضاً مما يؤدى إلى حدوث عدم تـــوازن بـــين العناصر المعدنية الموجودة فى الجسم ، مما ينتج عنه خلل وظيفـــى ، وهـــو أحد المؤشرات الرئيسة لارتفاع ضغط الدم .

أما المواد المكسبة للطعم والرائحة فكلها مواد عضوية مصـــنعة كيميائيـــاً ليس لها أية فوائد غذائية صحية ، ولكنها تضاف لتحسين طعم السلعة ورائحتها ، ومعظمها يسبب أنواعاً مختلفة من السرطان بالإضافة إلى آثارها الســـامة علـــى معظم أجهزة الجسم .

أما المواد المانعة لنمو البكتريا ، التى تضاف للأطعمة المحفوظة ، فإنهـــا تسبب بعض أنواع الحساسية ، كما أنها تقتل الميكرو فلورا الطبيعية الموجـــودة فى الأمعاء والقولون والمسئولة عن تصنيع الفيتامينات المختلفة التى يحتاج إليها جسم الإنسان ولا يمكنه الحصول عليها من مصدر خارجى .

الفصل السابع

التلوث النووي

- الآثار السلبية الناتجة عن استخدام الطاقة النووية .
- تسرب الإشعاعات النووية .
- النفايات النووية .
- التلوث الحرارى .
- الغبار الذرى .
- دور الكيمياء فى علاج المشكلات البيئية .



الفصل السابع

التلوث النووى

تعد التجارب النووية ومحطات القوى النوويـــة المســـتخدمة فـــى توليـــد الكهرباء ، وما ينتج عنها من مخلفات ، وما يقع بها من حوادث ، مـــن أخطـــر مصادر التلوث النووى للبيئة ، فقد تؤدى بعض الحوادث التى قد تقع للمفـــاعلات النووية إلى تسرب الإشعاعات النووية إلى المناطق المحيطة ، كما ينتج عن هذه المحطات بعض النفايات والمخلفات النووية التى يصعب التخلص منها ، أو يـــتم التخلص منها بطريقة غير سليمة بيئياً ، هذا إلى جانب التلوث الحـــرارى الـــذى تحدثه بعض هذه المحطات فى البيئة المجاورة لها .

أما التجارب النووية التى تجريها بعض الـــدول الكبـــرى بهـــدف تطـــوير أسلحتها الذرية وزيادة قدرتها التدميرية ، فإنها تؤدى إلى انتشار كميات كبيـــرة من الغبار المشع المحمل بنواتج الانشطار فى الجو .

الآثار السلبية الناتجة عن استخدام الطاقة النووية

فيما يلى توضيح لبعض الآثار السلبية الناتجة عن استخدام الطاقة النووية سواء فى الأغراض السلمية أم فى الأغراض الحربية .

(١) تسرب الإشعاعات النووية

من المعروف أن المفاعلات النووية تصمم بحيث لا يتسرب عنها أية إشعاعات إلى البيئة المحيطة باستخدام الدروع والخرسانات الواقية والمرشحات التى تخلص كل ما ينطلق من المفاعل النووى ، سواء أكانت غازات أم سوائل ، من أية إشعاعات مصاحبة .

أما إذا حدث خلل فى بعض أجزاء المفاعل النووى ، فإنه قد يؤدى إلى تسرب الإشعاعات النووية منه وانتشارها فى المناطق المحيطة به .

ولهذه الإشعاعات النووية تأثيرات ضارة على الإنسان ، سواء تعرض لجرعة منخفضة منها أم لجرعة مرتفعة ، فما الفرق فى الحالتين ؟

تؤثر الجرعة المنخفضة بدرجة خطيرة على كل من الغدة الدرقية والرئتين والصدر والمعدة والقولون ونخاع العظام .

أما تعرض الإنسان للجرعات المرتفعة من الإشعاع النووى ، فإنه يؤدى إلى الإصابة بالهذيان والتقلصات نتيجة تأثيرها على المخ والجهاز العصبى المركزى ، مما يؤدى إلى الموت خلال ساعات أو أيام .

كما يؤثر الإشعاع على عدسات العينين ، مما يؤدى إلى موت خلاياها والإصابة بالعمى ، هذا بالإضافة إلى الإصابة ببعض الأعراض مثل القئ ونزيف اللثة وإصابة الفم بالقرحة ، وإصابة الإنسان بالنزيف الداخلى ، وتلف الأوعية الدموية الذى تظهر آثاره فى شكل بقع حمراء تحت الجلد .

ويتعرض الجنين الذى تتعرض أمه للجرعات المرتفعة من الإشعاع النووى ، إلى تلف فى المخ أو للتخلف العقلى ، وخاصة إذا حدث التعرض

للإشعاع فى أثناء تكون الجهاز العصبى المركزى .

بالإضافة إلى ذلك يؤدى التعرض للجرعات المرتفعة مـن الإشـعاع إلـى حدوث تلف فى نخاع العظام ، الذى يعد مصنع الدم فى الجسم ، مما يؤدى إلـى ضعف قـدرة الجسم على مقاومة الأمراض ، ويؤدى إلـى الإصـابة بـالنزيف الدموى .

ويعد انفجار المفاعل النووى فى تشرنوبيل بالاتحاد السوفييتى (سـابقاً) فى إبريل عام ١٩٨٦ من أكبر حوادث المفاعلات النووية وأخطرها حتـى الآن ، حيث تسببت السحابة المشعة التى نتجت عنه ، وانتشرت فـوق أوروبـا ، فـى تلويث المزارع ومختلف المحاصيل ، وتعرض أعداد كبيرة من الأفراد لجرعـات مختلفة من الإشعاع مما هددهم بالإصابة بالأورام الخبيثة وسرطان الدم .

(٢) النفايات النووية

تعد النفايات النووية من أخطر النفايات ، وهى المخلفـات الناتجـة عـن محطات القوى النووية ، حيث يحتوى الوقود النووى المستهلك على بعض نواتج الانشطار التى تشع إشعاعاً ضعيفاً نسبياً من إشعاع بيتا وجاما ، كما يحتوى على كثير من النظائر الثقيلة ، وهى على درجة عالية من النشاط الإشعاعى ، وتشـع جسيمات ألفا ، ويستمر نشاطها الإشعاعى لفترة زمنية طويلة قد تصل فى حالـة بعض العناصر إلى مليون سنة .

وتكمن خطورة هذه النفايات المشعة فى أثرها المباشر على جميع عناصـر البيئة المحيطة ، وانتقال هذا الأثر بالتالى إلى الإنسان ، فأشعة بيتا وجاما يمكـن أن تفسد الأنسجة الرقيقة وخلايا الدم الحمراء ، ويسبب التعرض لهـا بمقـادير

عالية الوفاة مباشرة ، أما تسرب الإشعاعات بكميات قليلة من مخـــازن النفايـــات الساخنة فقد يسبب الإصابة بالسرطان والأنيميا وتشوه المواليد .

ومن أجل ذلك أصبحت قضيـــة التخلص مـــن النفايـــات المشعـــة العقبـــة أمـــام استخدام الوقود النووى ، كما أصبحت مشكلة كبرى بالنسبة لكثيـــر مـــن الدول ، وخاصة تلك التى تكثر فيها المحطات النووية المســـتخدمة فـــى توليـــد الكهرباء ، مما يتطلب معه البحث عن وسائل سليمة بيئياً للـــتخلص مـــن هـــذه النفايات المشعة .

ولقد لجأ كثير من الدول إلى التخلص من هذه النفايات فى مياه المحـــيط ، بوضعها داخل صناديق محكمة من الرصاص السميك ، ثم صب قوالب خرســـانية ضخمة حولها وإسقاطها فى أعماق مياه المحيطات ، التى تصل فى بعض الأحيان إلى مئـــات الكيلومترات عمقاً وعلى مسافات بعيـــدة مـــن الســـواحل المعمـــورة بالسكان ، ولقد تكشف بعد فوات الوقت ، أن الأسماك فى المحيطات تموت وتطفو كميات كبيرة منها حول هذه الأماكن .

وتلجأ بعض الدول إلى وسائل لا أخلاقية فى التخلص من نفاياتها المشعة ، ومن هذه الوسائل لجوء بعض الـــدول الاســـتعمارية إلـــى نقـــل نفاياتهـــا إلـــى مستعمراتها خلسة ، ودفنها فى بـــاطن الجبـــال وبـــدون علـــم مـــواطنى هـــذه المستعمرات ، وفى أحوال أخرى تقوم السفن المحملة بالنفايـــات بالتســـلل غيـــر الشرعى إلى شواطئ دول العالم الثالث وأراضيها وخاصة إفريقيا ــ نتيجة لضعف الرقابة على السواحل وقلة الإمكانات التى تحكم تلك الرقابة ــ وتلقى بحمولتهـــا المشعة دون اكتراث بما تسببه هذه النفايات من أضرار علـــى الحيـــاة البشـــرية

والحيوانية والنباتية فى هذه الدول .

ومن أفضل الطرق للتخلص من النفايات المشعة وأسلمها بيئياً تغليفها بمواد عازلة مثل الزجاج أو الخزف ثم وضعها فى أوعية من الصلب محكمة الغلق ، ثم حفظها فى آبار خاصة ذات جدار سميك ومزدوج على عمق كبير تحت سطح الأرض .

وقد اقترح أحد العلماء الأمريكيين حلاً للتخلص من هذه النفايات المميتة بنقلها إلى كوكب آخر ، حتى لا تظل على كوكب الأرض ، بشحنها على سفن فضاء تجارية وتوجه نحو الشمس ، ومن الطبيعى أن هذه العملية ستكون باهظة التكاليف فى الوقت الحاضر ، ولكن يتوقع بعض المتفائلين أنها ستصبح مقبولة من الناحية الاقتصادية فى المستقبل القريب .

(٣) التلوث الحرارى

وتنشأ هذه الظاهرة نتيجة لوجود فرق ملحوظ فى درجة حرارة المياه بين منطقة وأخرى فى أحد المجارى المائية ، أو بين عمق وآخر فيه .

فمن المعروف أن المحطات النووية تحتاج إلى تبريد مفاعلاتها ، لذلك فإنها تقام على شواطئ المجارى المائية أو بالقرب منها ، وتستخدم كميات ضخمة من الماء من هذا المجرى المائى لتبريد مفاعلاتها ، وعند إعادة صرف هذا الماء الساخن إلى المجرى المائى الذى أخذ منه ، ترتفع درجة حرارة هذا المجرى ، مما يؤدى إلى الإخلال بنظام البيئة المتوازن ، ويضر كثيراً بحياة بعض الأحياء المائية التى تعيش فى هذا المجرى المائى .

ويمكن تفسير ذلك بأن الماء المستخدم فى تبريد المفاعل ترتفع درجة

حرارته ، وبالتالى تقل به نسبة الأكسجين الذائب إلى حد كبيــر ، وعنــد إعــادة صرف هذا الماء فى المجرى المائى المأخوذ منه واختلاطه بمياهه ، فإنه يــؤدى إلى خفض كمية الأكسجين الذائب فيه ، مما يؤثر على نشاط الكائنات الحية التــى تعيش فى هذا المجرى ، فيموت بعضها ويهاجر البعض الآخر إلى أماكن أخــرى بعيدة .

(٤) الغبار الذرى

تكمن خطورة التفجيرات النووية ــ التى تجريها بعــض الــدول المتقدمــة بهدف تطوير أسلحتها النووية والتأكد من قدرتها التدميرية ــ فى الغبار الــذرى الذى ينبعث من مواقع التفجير ، ويحمل بين طياته بعض النظائر المشــعة مثــل السيزيوم (١٣٧) ، والاسترونشيوم (٩٠) والكربون (١٤) وغيرها ، وهى نظائر مشعة يستمر نشاطها الإشعاعى لمدة طويلة ، وتتساقط هذه النظائر على ســطح الأرض فى كثير من المناطق ، وتلوث الهواء والماء والغذاء والتربة ، كما أنهــا تنتقل إلى الإنسان خلال سلاسل الغذاء مسببة له أضراراً بالغة ، مثــل الإصــابة بأورام الغدة الدرقية نتيجة التعرض للنظير المشع لليود (١٣١) .

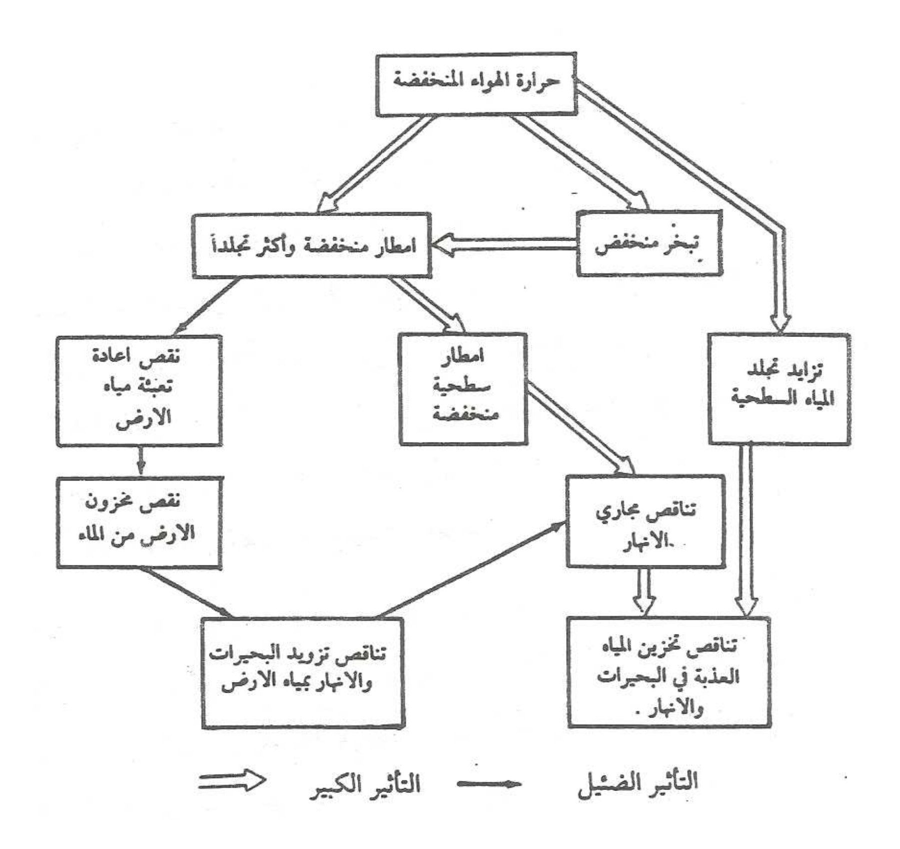
وقد وجه العلماء انتباهنا فى السنوات الأخيرة إلى احتمال حدوث " شــتاء نووى " نتيجة ما تطلقه الحرب النووية فى الجو من دخان وغبار ذرى ، فمــاذا يعنى هذا الشتاء النووى ؟ وما الآثار الضارة المترتبة عليه ؟

يطلق اسم الشتاء النووى على الظلام الذى سيخيم على الأرض نتيجة الغبار الذرى الذى سينبعث من الأسلحة النووية ويحجب أشعة الشمس ، حيث يمكن أن يمتص هذا الغبار ما يكفى من الإشعاع الشمسى للبقاء متطايراً بعض الوقت ، فيحول دون وصول أشعة الشمس إلى سطح الأرض متسبباً فى برودة المساحات الأرضية على نطاق واسع ولفترة طويلة .

وقد أشارت الأبحاث إلى أن سحب الغبار الذرى الناتج عن الأسلحة النووية تتكون من جزيئات غير متماسكة ، مما يعنى أنها أقدر على امتصاص ضوء الشمس من الجزيئات المتماسكة بأربعة أو خمسة أضعاف ، وبالتالى سينجم عن ذلك آثار قاسية على الحياة النباتية عموماً وعلى الزراعة بصفة خاصة .

ويؤكد الباحثون أن الحرارة ــ فى وجود الشتاء النووى ــ يمكن أن تنخفض بقدر يكفى لإتلاف محاصيل الغذاء فى جميع أنحاء العالم ، وقد يؤدى هذا الانخفاض فى درجة الحرارة إلى انتشار الجليد فى المياه السطحية ، وقلة الأمطار مما ينتج عنه قلة كمية المياه السائلة التى تتدفق فى البحيرات والأنهار المتجمدة ، وبالتالى ينخفض توفر الماء لدى الكائنات الحية .

ويبين شكل (١٩) تأثيرات انخفاض درجة الحرارة على الدورة المائية الأرضية .



شكل (١٩)

تأثيرات انخفاض درجة الحرارة على الدورة المائية الأرضية

دور الكيمياء فى علاج المشكلات البيئية

استعرضنا فى الفصول السابقة المشكلات البيئية التى يمكــن أن يســببها استخدام التكنولوجيا الكيميائية فى المجالات المختلفة ، وفيما يلى نستعرض الدور الذى يمكن أن تقوم به الكيمياء فى الحد مــن تلــوث البيئـــة ، وعــلاج بعــض المشكلات البيئية الملحة .

استطاع العلماء ، من خلال استخدام نظريات علــم الكيميـــاء وتطبيقاتـــه التكنولوجية ، تحقيق ما يلى :

(١) الحد من تلوث الهواء ، عن طريق التحكم فى الملوثات الناتجة عن السيارات ومداخن المصانع ، بطريقتين هما : إزالة الملوثات من المـــادة الخـــام قبـــل استخدامها ، وإزالة الملوثات بعد احتراقها وقبل خروجها للهواء الجوى .

أ) إزالة الملوثات من المادة الخام قبل استخدامها

وأهم هذه الملوثات الكبريت ، وتتم إزالته من الفحم وزيت البتـــرول قبـــل استخدامهما كوقود .

ويزال الكبريت من الفحم عن طريق طحن الفحم وما به مـــن ملوثـــات ـــ حيث يوجد الكبريت فيه على هيئة ثانى كبريتيد الحديد FeS_2 ـــ ثم يفصل الكبريت منه باستخدام المغناطيس .

كذلك يزال الكبريت من زيت البترول فى أثناء تكريره ، بإمراره على أكسيد الكالسيوم القاعدى الذى يتفاعل مع الكبريت مكوناً كبريتيد الكالسيوم ، الذى يعطى عند تسخينه غاز أكسيد الكبريت ، ويمكن استخدامه لإنتاج حمــض الكبريتيــك ، وأكسيد الكالسيوم الذى يمكن استخدامه مرة أخرى .

$$2S + 2CaO \dashrightarrow 2CaS + O_2$$

$$2CaS + 3O_2 \xrightarrow{\Delta} 2CaO + 2SO_2$$

وأفضل طريقة لإزالة الكبريت من منتجات البترول هى هدرجتها فى وجود عامل حفاز لتكوين كبريتيد الهيدروجين الذى يمكن إزالته باستخدام طرق غسل الغاز .

$$S_{in\ oil} + H_2 \xrightarrow{\text{عامل حفاز}} H_2S_{(g)}$$

كذلك أمكن إزالة النيتروجين والأكسجين أيضاً من منتجات البترول فى صورة أمونيا وماء .

ب) إزالة الملوثات بعد احتراقها وقبل خروجها للهواء الجوى

وقد سبق توضيح الوسائل المستخدمة فى ذلك عند حديثنا عن تنقية الغازات الناتجة فى عوادم السيارات وعن مداخن المصانع .

(٢) استخدام أنواع جديدة من الوقود لا تتخلف عن احتراقها مركبات سامة تلوث البيئة ، مثل الهيدروجين والميثانول .

(٣) إعادة تدوير المواد التى سبق استعمالها مثل الأجزاء المعدنية والزجاجات الفارغة والمخلفات الورقية ، والتى تمثل مخلفات تسبب تلوث البيئة ، تحقيقاً لهدفين : الأول حماية البيئة من التلوث ، والهدف الثانى الاستفادة منها وتوفير الطاقة اللازمة لاستخلاصها من خاماتها الطبيعية .

فعلى سبيل المثال ، يمكن استخدام المكونات الورقية كمادة خام غنية بالسيليلوز فى صناعة الورق .

ويتزايد الإقبال فى دول أوروبا الغربية والولايات المتحدة وكندا فى الوقت الحاضر على إعادة تصنيع الورق المستعمل للاستفادة منه ، لقلة تكاليف إنتاجه ، ولأن الطاقة الكهربية اللازمة لإعادة تصنيعه تتراوح بين عشر ونصف الطاقة اللازمة لإنتاجه من أخشاب الأشجار لأول مرة ، هذا إلى جانب أن إعادة تصنيع الورق المستعمل يساعد على الحفاظ على الأشجار وعلى البيئة .

(٤) صناعة أنواع جديدة من المنظفات تحتوى على مواد كيميائية يسهل على البكتريا تحليلها ، وبالتالى يمكن حماية المجارى المائية التى تصرف فيها هذه المنظفات من التلوث بالفوسفات الذى تحتوى عليه المنظفات المستخدمة حالياً .

(٥) استخدام مواد كيميائية ليس لها تأثير ضار على طبقة الأوزون فى الأغراض الصناعية المختلفة ، بدلاً من المواد الكيميائية التى تسهم فى تدميرها .

وقد نجح الخبراء المصريون فى معهد بحوث البترول فى استبدال غاز البيوتان المنتج محلياً بغاز الكلورفلوروكربون المستخدم فى ترذيذ المبيدات (المستخدمة كإسبراى) والذي يسهم في تدمير طبقة الأوزون .

(٦) إنتاج بدائل للمعادن للتغلب على مشكلة استنزافها وحماية المخزون الطبيعى من الخامات المعدنية من النفاذ السريع ، ومن أهم هذه البدائل البلاستيك .

(٧) إنتاج مبيدات حشرية لا تلوث البيئة ، ولا تمثل خطراً على صحة الإنسان ،

حيث إن هذه المبيدات ما هى إلا نظير صناعى لهرمون النمو الــذى تنتجــه الحشرات .

ففى العادة يفرز هذا الهرمون فى طور اليرقة ويختفى بعد ذلــك للســماح للأطوار التالية بالظهور ، ولكن استمرار وجود هذا الهرمون يوقف نمو الأطوار اللاحقة ، وبالتالى إذا استخدم هذا الهرمون الصناعى كمبيد فإنه ســوف يوقــف النمو الطبيعى للحشرة فلا تصل إلى طورها اليافع .

وتتميز هذه المبيدات بقابليتها للتحلل ، وعدم وجود أى آثار ضارة لها على البيئة أو على الكائنات الحية الأخرى .

(٨) تحويل المواد العضوية التى تشكل حوالى (٧٥%) من القمامــة إلــى غــاز الميثان ــ وهو المكون الأساســى للغــاز الطبيعــى ــ بواســطة الانحــلال الحرارى ، واستخدام هذا الغاز كوقود للسيارات والمواقد وغيرها .

(٩) التغلب على مشكلة الأمطار الحمضية التى تحدث أضراراً بالغة لكــل مــن : الثروة السمكية والتربة الزراعية ، أو الحد منها ، عن طريق الحد من إطلاق المواد الكيميائية الخطرة ــ التى تتسبب فى حدوث هــذه المشــكلة ــ مــن الصناعات الكيميائية المختلفة .

(١٠) العمل على استخدام الطاقة النووية الاندماجية فى الأغراض السلمية ، لأنها لا تسبب أى تلوث للبيئة ، ولا تنتج عنها أية مخلفات إشعاعية ، هــذا إلــى جانب إنتاجها لمقادير هائلة من الطاقة .

(١١) تحويل النفايات الصلبة الناتجة عن الصناعات الكيميائية المختلفة إلى نواتج مفيدة ، فعلى سبيل المثال : يصاحب إنتاج طن واحد من حمض الكبريتيك ـ من البايريتات Pyrites ـ تكوين حوالى (٠.٦) طن من النفايات التى تحتوى على حوالى (٥٨%) حديد ، و (٣%) نحاس ، وكميات قليلة من الفلزات المفيدة ، ويمكن الانتفاع بهذه النفايات بعد تحميصها وكلورتها (معالجتها بغاز الكلور) فى إنتاج المعادن ومواد البناء .

كذلك يؤدى إنتاج طن واحد من حمض الفسفوريك إلى تكوين مقدار من نفايات الفسفوجبسم يتراوح بين (٤.٥ و ٨.٤) طن ، وتتكون هذه النفايات من كبريتات الكالسيوم ومزيج من الفوسفاتات ، ويمكن أن يستخدم الفسفوجبسم فى إنتاج حمض الكبريتيك والأسمنت ، وفى تحسين خواص التربة .

(١٢) المعالجة الكيميائية لمياه الصرف الناتجة عن بعض عمليات التعدين ، لتقليل الملوثات المعدنية التى تحتوى عليها ، وقد سبق توضيح الطرق المستخدمة فى ذلك عند استعراض طرق تنقية المخلفات الصناعية السائلة .

(١٣) تقطير مياه البحار وتحويلها إلى مياه صالحة للاستخدام الآدمى ، وتنقية مياه الأنهار والترع الملوثة ، ومن الأساليب المتبعة فى معالجة المياه وجعلها صالحة للشرب ما يأتى :

- تشبيع المياه بالأكسجين **aeration** لإزالة المواد المتطايرة مثـــل **H_2S, CH_4 , CO_2** ، ولأكسدة مركبات الحديد الثنائى وتحويلها إلـــى مركبـــات الحديد الثلاثى ، ولأكسدة مركبات المنجنيز الثنائى وتحويلها إلى غاز ثانى أكسيد المنجنيز .
- ترسيب أيونات **Ca^{2+}, Mg^{2+}** ، التى يحتوى عليها الماء ، علـــى شـــكل كربونات ، وإزالة العسر باستخدام ماء الجير والصـــودا **Lime – soda process** ، وكذلك ترسيب الغرويات والمواد الدقيقة بإضافة مواد مخثرة **Coagulants** مثل كبريتات الألومنيوم ، وكبريتات الحديديك .
- إزالة البكتريا الضارة من الماء عن طريق الأكسـدة باســتخدام الكلـــور (كلورة) حيث يتكون حمض ضعيف **HOCI** وأيونـــات **$OC1^-$** ، وكـــل منهما فعال فى قتل البكتريا ، كما يتضح من المعادلات التالية :

$$Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + Cl^- + HOCl$$

$$HOCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OCl^-$$

ولمنع تكون مركبات عضوية مكلورة **Organo-Chlorine** عند استخدام الكلور ، يستخدم الأوزون كعامل مؤكسد ، أو يستخدم الفحم المنشط لإزالة المواد العضوية قبل الكلورة أو بعدها .

الفصل الثامن

مشكلة الإخلال بالتوازن الطبيعى للبيئة

- التوازن البيئي .
- الإخلال بالتوازن البيئي .
- مظاهر اختلال التوازن البيئى الطبيعى .



الفصل الثامن

مشكلة الإخلال بالتوازن الطبيعى للبيئة

إن البيئة نظام كبير الحجم كثير التعقيد ، تشكل مكوناته فى مجموعها وحدة متكاملة تتميز بالاستمرار والاتزان .

وتعد المادة والطاقة ركيزتين لهذا الاستمرار وهذا الاتزان ، فحينما تعبـر الطاقة الشمسية إلى النظام البيئى ، تشترك مع المادة غير العضـوية فـى بنـاء المادة العضوية التى تبنى منها أجسام الكائنات الحية ، ثم تتحلـل هـذه المـادة العضوية بفعل بعض الكائنات الحية لتتحول مرة أخرى إلى مادة غير عضـوية ، وهكذا تسير المادة فى النظام البيئى فى مسار دائرى مـن غيـر عضـوية إلـى عضوية ثم إلى غير عضوية وهكذا .

أما الطاقة فإنها تسير فى اتجاه واحد من الشمس إلى النظام البيئـى ، ولا تعود إلى الشمس مرة أخرى ، ولكنها تتحول من صورة إلى أخرى .

التوازن البيئي

على ذلك يمكن أن نعرف التوازن البيئى على أنه التناسـق بـين مختلـف عمليات التغير التى تحدث فى مكونات البيئة ، ويعمل على استمرارية الحياة بها .

وقد وجد أن التفاعل بين مكونات البيئة عملية مستمرة تؤدى فى النهايـة

إلى احتفاظ البيئة بتوازنها ، ما لم يطرأ عليها أى تغير طبيعى أو حيوى يؤدى إلى الإخلال بهذا التوازن .

فإذا ما اختل توازن نظام بيئى ما ، تطلب الوصول إلى توازن جديد فترة زمنية تطول أو تقصر حسب الأثر الذى أحدثه ذلك الاختلال .

فالتوازن الطبيعى البيئى توازن مرن يستوعب كثيراً من التغيرات التى تحسب حساباً لطبيعة تفاعلات دوراته ، أم التغيرات المخلة فلا قبل له باستيعابها .

يتضح مما سبق أن للنظام البيئى طاقة احتمال يجب أن يفهمها الإنسان ويكون على وعى تام بها وهو فى صراعه المستمر مع الطبيعة من حوله من أجل تسخيرها لخدمته ومنفعته ، حتى لا يسهم فى تدهور هذا النظام البيئى ، وبالتالى يخسر بقاءه .

الإخلال بالتوازن البيئي

يمكن أن نعرف الإخلال بالتوازن الطبيعى للبيئة على أنه التعامل غير السوى مع مكونات البيئة ، مما يؤدى إلى عدم التناسق بين مختلف عمليات التغير التى تحدث فى مكونات البيئة ، وبالتالى إلى الإضرار بالبيئة .

وقد ينشأ اختلال التوازن البيئة نتيجة لتغير الظروف الطبيعية كالحرارة والأمطار ، أو نتيجة لتغير بعض الظروف الحيوية المؤسسة على علاقات الكائنات الحية التى تعيش فى البيئة وأثر بعضها على بعض ، كما ينشأ اختلال توازن البيئة نتيجة لتدخل الإنسان المباشر فى تغيير ظروفها .

ويشهد العالم اليوم أمثلة كثيرة واضحة من الأعطال التى بدأت تظهر فـى الأنظمة البيئية البرية والمائية نتيجة لتدخل الإنسان فيها دون اعتبار لقدرتها على استيعاب هذه التدخلات .

فالإنسان فى محاولاته ، على مر العصور ، لمواجهة مشـكلاته والتغلـب عليها لا يلبث أن يتغلب على مشكلة حتى تظهر له مشكلات أخرى ، وأحياناً تكون هذه المشكلات الأخيرة مترتبة على طريقة علاجه للمشكلة الأولى .

فلكى يتغلب الإنسان على الحشرات ويتخلص من مضايقاتها أنتج المبيدات الحشرية ، ومن أجل التغلب على مشكلات فساد الغـذاء وحـرارة الجـو أنـتج الثلاجات وأجهزة التكييف ، واستخدم المواد الحافظة للأطعمة المعلبـة والمـواد المانعة لنمو البكتريا فيها ، وفى سبيل توفير الطاقة والحصول عليهـا اسـتعمل الإنسان أنواعاً من الوقود العضوى كالفحم والبترول ، وهكذا كانـت كـل هـذه الأنشطة الإنسانية بمثابة حلولاً للمشكلات التى واجهت الإنسان ، ولكنها للأسـف أدت إلى ظهور مشكلات أخطر أدت إلى اختلال التوازن البيئى الطبيعى .

مظاهر اختلال التوازن البيئى الطبيعى

من المظاهر الدالة على اختلال التوازن البيئى الطبيعـى : تـدمير طبقـة الأوزون ، وتغيير المناخ العالمى ، وتدهور عديد من الأنظمة المائية ، وفقـدان التوازن الطبيعى القائم بين الآفات وأعدائها الطبيعية .

فكيف يتم ذلك ؟ وما دور المواد والملوثات الكيميائية المختلفة فى تحقيـق كل هذه الآثار التى ينتج عنها اختلال التوازن الطبيعى للبيئة ؟

• **تدمير طبقة الأوزون**

علمت من قبل أن هناك بعض المواد الكيميائية الملوثة للبيئـــة يمكـــن أن تسهم فى تدمير طبقة الأوزون ، ومن أهمها مركبات الكلوروفلوروكربون وأكاسيد النيتروجين ، وتتمثل الآثار الضارة المترتبة على ذلك فى نفاذ كميات كبيرة مـــن الأشعة فوق البنفسجية الضارة الصادرة من الشمس إلى ســطح الأرض مســببة أضراراً صحية بالغة للإنسان ، وحدوث تغييرات مناخية فى العالم ، وتقليل إنتاج الأراضى الزراعية ، وغيرها من الآثار الضارة .

• **تغيير المناخ العالمى**

يعد تغيير المناخ العالمى أحد مظاهر اختلال التوازن الطبيعى للبيئة ، فقــد دلت الدراسات على أن تزايد كميات بعض الملوثات الكيميائية يمكــن أن يرفــع درجة حرارة الأرض بدرجـــة كبيرة ، مما يســـرع الخطـــى بالعالم ليصبح شبيهاً " بالبيت الزجاجى الضخم " .

ومن الملوثات التى يؤدى تزايدها فى الهواء الجوى إلى امتصاص الأشـــعة تحت الحمراء الصادرة من الأرض ومنع نفاذها إلى الغلاف الجوى ، ثانى أكســـيد الكربون وثانى أكسيد النيتروجين والميثان وغازات الكلوروفلوروكربون ، وتعرف هذه الغازات باسم " غازات البيوت الزجاجية " أو الغازات الحابسة للحـــرارة " ، وينتج عن تزايد كمياتها رفع درجة حرارة الأرض .

ويتوقع العلماء أن ترتفع درجة حرارة العالم حتى عـــام (٢٠٣٠) بمقـــدار يتراوح بين (١.٥ ــ ٤.٥) درجة مئوية ، ويتنبأون بأن ارتفاعاً كهذا قد يؤدى إلى ذوبان الجليد فى القطب الشمالى ، مما يســـبب حـــدوث فيضـــانات للبحـــار

والمحيطات تؤدى إلى غرق المدن الساحلية والأراضى المنخفضة ، فضلاً عن أن اختلاف درجة الحرارة سوف يغير الخريطة المناخية والزراعية للعالم تغييراً جذرياً .

ويؤدى تزايد الجسيمات المعلقة (الإيروسولات) فى الهواء الجوى إلى تغيير المناخ العالمى أيضاً ، ولكن فى الاتجاه العكسى .

فقد وجد أن الجسيمات المعلقة التى يتراوح حجمها بين (٠.١ ــ ٥) ميكرومتر يمكن أن تقلل من أشعة الشمس التى تصل إلى الأرض بمقدار (١٠%) لأنها تشتتها مرة أخرى ، وبالتالى فإن أية زيادة فى كمية هذه الجسيمات يمكن أن تؤدى إلى برودة الأرض .

- تدهور الأنظمة المائية

يؤدى إلقاء المخلفات الكيميائية فى الأنظمة المائية إلى تدهور عديد منها ، وذلك لأن عديد من المركبات الكيميائية غير قابل للتحلل الحيوى ، وبالتالى فإنها تتجمع فى النظام المائى ، مما يخل بالاتزان ويهدد هذا النظام بالتعطيل .

وكثيراً ما نسمع اليوم عن بعض البحيرات والبحار التى أصبحت معطلة نتيجة لتجمع بعض المواد الكيميائية فيها مثل اللدائن والمخلفات الصناعية التى تلقى بها المصانع فى هذه المجارى المائية ، والبوتاسيوم والفوسفات اللذين يحتوى عليهما الصابون والمنظفات الصناعية .

- تأثير الإسراف فى استخدام المبيدات الزراعية

يؤدى الإسراف فى استخدام المبيدات الزراعية إلى اختلال التوازن الطبيعى

للبيئة بدرجة كبيرة ، حيث يمكن أن يؤدى إلى :

- إبادة الحشرات الضارة والنافعة على السواء مما يؤدى إلى فقدان التوازن الطبيعى القائم بين الآفات وبين أعدائها الطبيعية ، وينتج عنه زيادة كبيرة وغير متوقعة لنوع من هذه الآفات .

  فعلى سبيل المثال ، انتشر العنكبوت الأحمر ودودة اللوز فى جمهورية مصر العربية فى أعقاب استخدام بعض المبيدات الحشرية بإسراف شديد وبطريقة غير سليمة ، ولم تكن مثل هذه الحشرات من الآفات الخطيرة فيما مضى ، ولكن قتل المبيدات لأعدائها الطبيعية ترك لها حرية التكاثر وأطلق لها العنان .

- انتقال المبيدات الحشرية إلى المجارى المائية ، مما يؤدى إلى قتل كثير من الكائنات الدقيقة التى تعيش فى الماء ، والتى تقوم بدور مهم فى التوازن الطبيعى للبيئة ، حيث تسهم هذه الكائنات فى تنقية الماء من كثير من عوامل التلوث ، وتساعد على الحفاظ على نسبة الأكسجين الذائب فى المياه .

- قتل البكتريا المثبتة للنيتروجين المسئولة عن استمرار دورة النيتروجين فى الطبيعة .

- إيقاف استمرارية تكاثر بعض الأنواع النباتية التى تعتمد على بعض الحشرات فى نقل حبوب اللقاح بين أزهارها .

- تأثير المضافات الغذائية

تؤدى المواد الكيميائية المستخدمة فى التصنيع الغذائى (المضافات

الغذائية) إلى اختلال التوازن الطبيعى داخل الإنسان نفسه .

فقد وجد أن إضافة المواد المانعة لنمو البكتريا فى الأطعمة المحفوظة يؤدى إلى قتل الميكروفلورا الطبيعية الموجودة فى أمعاء الإنسان وقولونه ، والتى تقوم بتصنيع الفيتامينات المختلفة التى يحتاج إليها الإنسان ، ولا يمكنه الحصول عليها من مصدر خارجى ، كما أنها تؤدى إلى إصابة الإنسان ببعض أنواع الحساسية .

كذلك تؤدى بعض الكيماويات المستخدمة فى حفظ الأطعمة الغذائية ــ ومنها نيتريت الصوديوم ــ إلى إصابة الإنسان ببعض الأمراض ومن أخطرها السرطان .

الفصل التاسع

مشكلة استنزاف موارد البيئة

- الموارد الطبيعية في البيئة .
- المصادر الدائمة للطاقة .
- الطاقة الشمسية .
- الطاقة المائية .
- طاقة الرياح .
- الهيدروجين .
- المصادر المتجددة للطاقة .



الفصل التاسع

مشكلة استنزاف موارد البيئة

الموارد الطبيعية في البيئة

يمكن تصنيف الموارد الطبيعية الموجودة فى البيئة إلى ثلاثة أنواع هى :

١) الموارد الدائمة

وهى التى لا تنضب أبداً مهما زاد استهلاك الإنسان لها وستظل متوفرة دائماً ، وتتمثل هذه الموارد فى الشمس والماء والهواء .

٢) الموارد المتجددة

وهى التى تمتلك القدرة على التجدد باستمرار ، وتمثلها صور الحياة المختلفة مثل النباتات والحيوانات والتربة .

٣) الموارد غير المتجددة

وهى التى لا تتجدد ، أو تتجدد ببطء شديد ، وتوجد بكميات محدودة ، ويتوقع لها أن تنضب إن عاجلاً أم آجلاً ، ومن أمثلتها الفحم والبترول والغاز الطبيعى والخامات المعدنية .

وقد أسرف الإنسان فى استخدام هذه الموارد غير المتجددة بسبب حرصه على رفع مستوى معيشته ، والسعى إلى أسلوب حياة الترف مما أدى إلى

استهلاك كثير من هذه الموارد ، وبالتالى أوشكت على النفاذ .

فعلى سبيل المثال ، تمثل المعادن ثروات تزخر بها الأرض ، ويستثمرها الإنسان فى شتى مجالات حياته ، وهى مصدر قوة للأمم لأنها أساس التصنيع وأساس المدنية الحديثة ، بل أصبحت قوة الأمم تقاس بمدى ما تحتويه أرضها من ثروات معدنية ، وما يقوم على أرضها من صناعات تعتمد على تلك الثروات .

ولكن مع زيادة عدد السكان وتقدم التكنولوجيا ، أصبح واقع نصيب الفرد من المعادن يزداد بسرعة تكاد تبلغ ثلاثة أمثال سرعة ازدياد السكان ، حتى أننا نسمع اليوم عن دول كانت تصدر معادن معينة وأصبحت الآن تستوردها .

وهناك من يتوقع أن تنضب غالبية المعادن فى الخمسين سنة الأولى من القرن الحالى ، وأن ترتفع أسعار القلة المتبقية فى القشرة الأرضية وتصبح باهظة الثمن .

والسؤال الذى يفرض نفسه الآن هو : كيف يمكن حماية الثروة المعدنية ؟ وما الوسائل التى يمكن استخدامها لعلاج مشكلة استنزاف الخامات المعدنية ؟

يركز العلماء اهتمامهم فى الوقت الحالى على إنتاج بدائل للمعادن ، والبحث عن أنواع جديدة من المواد تحل محل المواد التى ستنفذ مصادرها .

ويعد البلاستيك أحد بدائل المعادن التى يمكن أن يحل محلها ، بل وينافسها ، لعدة أسباب منها : رخص ثمنه ، وعدم تأثره بالعوامل الجوية ، وقابليته للتشكيل والتلوين ، كما أن تمدده الحرارى ، وكذلك حرارته النوعية ، أعلى من الفلزات .

وتمثل إعادة التدوير **Recycling** إحدى الوسائل التى يمكن استخدامها لحماية الثروة المعدنية والمحافظة على المخزون الطبيعى للخامات ، وتعنى إعادة التدوير إعادة استخدام المعادن المصنعة التى سبق استخدامها مثل علب الألمونيوم وأجزاء السيارات وغيرها من المعادن المستهلكة ، والتى تمثل مخلفات تسبب تلوثاً للبيئة .

وقد أثبتت الأبحاث وجود ثروات معدنية طبيعية فى قاع البحار والمحيطات مثل البترول والغاز الطبيعى والكبريت والماغنسيوم ، لذلك يتجه الباحثون إلى " تعدين البحر " لاستخراج هذه الثروات .

كذلك يجتهد العلماء لإيجاد تكنولوجيا مبتكرة رخيصة التكلفة لتعدين باطن الأرض الغنى بالمعادن المهمة ، كما يضعون تعدين القمر والكواكب الأخرى فى قائمة توقعات المستقبل .

ويعد كل من الفحم والبترول والغاز الطبيعى من مصادر الطاقة غير المتجددة والمهددة بالنفاذ نتيجة للتقدم العلمى والتكنولوجى ، والتوسع فى صناعة الآلات التى تستهلك الطاقة .

وتشير التقديرات إلى أن استهلاك الفرد للطاقة فى الدول المتقدمة يزداد بنسبة (٣%) سنوياً ، ويقدر العلماء أن الاستهلاك العالمى للطاقة فى العالم يتضاعف كل عشر سنوات .

ونظراً لاقتناع العلماء بمحدودية المخزون الطبيعى من البترول والغاز الطبيعى فى باطن الأرض ، فقد اتجهوا إلى البحث عن بدائل تحل محلهما كمصادر للطاقة ، وخاصة بعد استخدام البترول ومشتقاته كمواد خام لعديد من المواد

الصناعية المهمة مثل الأصباغ واللدائن والألياف ومواد التجميل والروائح العطرية والأسمدة والمبيدات والعقاقير والمنظفات والبروتين الصناعى وغيرها .

ومن هذه البدائل العودة إلى استخدام الفحم ، بعد تحسين استخدامه ، عن طريق تحويله إلى وقود سائل أو غازى ، مما يسهل نقله من مكان إلى آخر عبر خطوط الأنابيب ، والتوسع فى استخدام الطاقة النووية ، واستخدام مصادر الطاقة الدائمة والمتجددة ـ التى تعد أنظف وأرخص طاقة فى متناول يد الإنسان ـ كبديل للوقود التقليدى .

وتتضمن المصادر الدائمة للطاقة : الشمس والماء والرياح ، كما تتضمن المصادر المتجددة الكتلة الحيوية والنفايات الصلبة ، وسوف نستعرض بإيجاز هذه المصادر .

المصادر الدائمة للطاقة

(١) الطاقة الشمسية

وهى طاقة نظيفة لا ينتج عن استخدامها غازات أو نواتج ثانوية أو مخلفات تلوث البيئة .

وبالرغم من صغر القدر الذى يصل إلى سطح الأرض من الطاقة الشمسية بالنسبة للطاقة الكلية الصادرة عن الشمس ، إلا أنه يمثل بالنسبة لسكان الأرض قدراً هائلاً يفى بكل احتياجاتهم .

فقد دلت الدراسات على أنه إذا تحولت هذه الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربية ينتج عنها حوالى أربعة آلاف مليون كيلو وات ساعة فى اليوم الواحد ،

وهى كمية هائلة من الطاقة الكهربية تفى بكل احتياجات كل سكان الكرة الأرضية مرات ومرات .

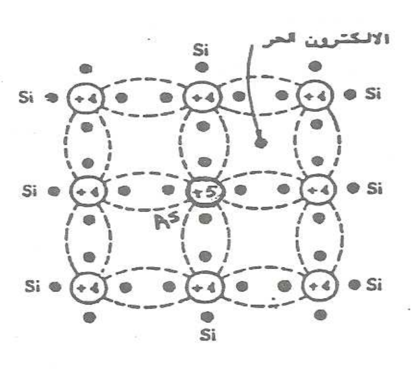
ولكن كيف يمكن الاستفادة من الطاقة الشمسية ؟

تستخدم البطارية الشمسية لهذا الغرض ، حيث تقوم بتحويل ضوء الشمس إلى تيار كهربى ، وتستطيع هذه البطارية أن تحول ألف وات من ضوء الشمس إلى ١٨٠ وات من الكهرباء ، وتجرى البحوث فى الوقت الحاضر لتحسين أداء هذه البطاريات الشمسية ورفع كفاءتها .

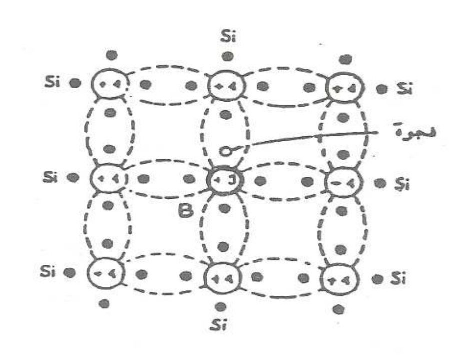
وتتكون البطارية الشمسية من عدد كبير من الخلايا ، تتكون كل خلية من شريحة من السيليكون المحتوى على آثار من الزرنيخ – يطلق عليها اسم السيليكون السالب ويرمز لها بالرمز (n) وتحتوى على إلكترونات طليقة – ويحيط بهذه الشريحة إطار من السيليكون المحتوى على آثار من البورون – يطلق عليه اسم السيليكون الموجب ويرمز له بالرمز (p) – ويحتوى على عدد كبير من الثقوب .

ويمكن أن ينتقل التيار الكهربى خلال هذه الخلايا عن طريق الثقوب والإلكترونات الموجودة بها طوال فترة تعرضها لأشعة الشمس .

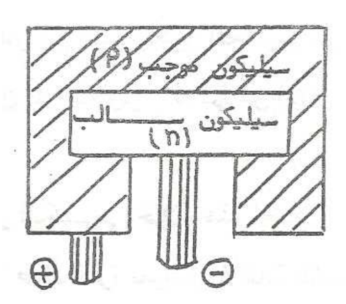
وتوضح أشكال (٢٠) ، (٢١) ، (٢٢) تكوين السيليكون السالب (n) ، والسيليكون الموجب (p) ، وخلية السيليكون التى تعد وحدة البطارية الشمسية .



شكل (٢٠)
السيليكون السالب (n)
أزيلت إحدى ذرات السيليكون وحل
محلها ذرة زرنيخ (As) خماسية التكافؤ



شكل (٢١)
السيليكون الموجب (p)
أزيلت إحدى ذرات السيليكون وحل
محلها ذرة بورون (B) ثلاثية التكافؤ



شكل (٢٢)
خلية السيليكون (وحدة البطارية الشمسية)

مجالات استخدام الطاقة الشمسية

يمكن استخدام الطاقة الشمسية فى المجال الزراعى ، فى تشغيل مضخات الرى ، وفى المجال الصناعى ، فى الغسيل والصباغة والتجفيف وطهى المنتجات الغذائية ، وفى مجال إنتاج الكهرباء ، وفى أغراض التدفئة ، وتسخين المياه (السخان الشمسى) وتبريدها (الثلاجة الشمسية) ، وتنقيتها .

ولعلك تتساءل هل تم فعلاً تطبيق ذلك فى حياتنا اليومية أم أن هذه الاستخدامات مازالت أملاً يرجى تحقيقه ؟

وللإجابة عن ذلك نستعرض فيما يلى بعض الإنجازات الخاصة باستخدام الطاقة الشمسية :

- نجح فريق بحثى من قسم هندسة القوى الميكانيكية بكلية الهندسة بجامعة المنصورة فى التوصل إلى تصنيع نموذج للثلاجة الشمسية يعمل ليلاً ونهاراً دون توقف .

  ويعد هذا الجهاز الأول من نوعه فى العالم ، لأن الأنظمة الخاصة بالتبريد الشمسى فى العالم تعتمد على استغلال الطاقة الشمسية نهاراً فقط .
- توصلت إحدى الشركات اليابانية إلى تصنيع سيارة كهربائية تعمل بالبطاريات الشمسية ، وقد وصلت أقصى سرعة لهذه السيارة إلى (٦٠) كيلو متراً فى الساعة ، ووصلت أقصى مسافة لها إلى (١٦٠) كيلو متراً فى الأيام المشمسة ، و (١١٠) كيلو متر فى الأيام الأخرى .
- تمكن العلماء الأمريكيون من استخدام الطاقة الشمسية فى تنقية البحيرات من التلوث ، باستخدام محول يقوم بتجميع أشعة الشمس وتركيزها على الماء ،

وحينما تسقط الأشعة فوق البنفسجية على هذا المحول فإنــه يقــوم بتوليــد إلكترونات تتفاعل مع الماء مكونة أيونات البيروكسيد وأيونات الهيدروكسيل التى تقوم بتفتيت جميع المواد العضوية الموجودة فى الماء وتحويلهــا إلــى عناصر غير ضارة .

وتعد هذه الطريقة أرخص الطرق المستخدمة فى تنقية المياه من التلوث .

(٢) الطاقة المائية

تتضمن الطاقة المائية أى نــوع من أنواع الطاقة التــى يمكــن الحصــول عليــها بواسطة المــاء ، ســواء أكانت طاقة وضع أم طاقــة حركــة أم طاقــة حرارية .

ويمكن الحصول على الطاقة المائية من الطاقة الحركية للأمواج ، أو مــن الماء المتجمع فوق قمم الجبال أو خلف الخزانات ، أو باســتخدام الفــرق بــين درجتى حرارة المياه السطحية الدافئة والمياه الســفلية البــاردة لتوليــد الطاقــة المحركة .

كما تمثل حركة مياه البحر بين المد والجزر طاقة مختزنة هائلــة ، يمكــن استخدامها فى توليد الكهرباء أو فى إنتاج الطاقة المحركة .

(٣)طاقة الرياح

استخدمت طاقة الرياح منذ زمن بعيد ، فما مدى فعاليتها ؟ ومــا شــروط الحصول عليها من الرياح ؟

أظهرت الأبحاث التــى أجريت فى هذا المجال أن المروحــة التــى يصــل

قطرها إلى حوالـــى ثمانيـــة أمتار تستطيع فى مواجهة رياح متوسطة أن تنـــتج حوالى (٢ ــ٣) كيلو وات مـــن الكهرباء ، وهو قدر يكفـــى احتياجـــات المنـــزل المعتاد .

وتتميز محطات الطاقة التى تعمل بطاقة الرياح بعدم صدور أية ضوضـــاء عنها ، وعدم تخلف أية مواد ملوثة للبيئة منها ، هذا إلى جانـــب كونهـــا قليلـــة التكاليف ، ويمكن صنع كثير من أجزائها محلياً ، وكل ما تحتاجه هذه المحطـــات هو وجود رياح متوسطة القوة ومنتظمة السرعة على مدار العام .

(٤) الهيدروجين

يطلق على الهيدروجين " وقود القرن الواحد والعشرين " فلماذا ؟

يأتى الهيدروجين على رأس قائمة أنواع الوقود التى يمكن استخدامها بعد نفاذ أنواع الوقود التقليدية التى تستخدم فى الوقت الحالى ، لأنه من أكثر الغازات وفرة فى هذا الكون ، نظراً لإمكانية إنتاجه بالتحليل الكهربى للمـــاء الـــذى يعـــد مورداً دائماً من موارد البيئة .

هذا إلى جانب مميزات أخرى للهيدروجين منها : قيمته الحرارية العالية ؟ وكونه مصدراً نظيفاً للطاقة لا يسبب أى تلوث للبيئة عند احتراقه ، حيـــث ينـــتج الماء تبعاً للتفاعل التالى :

$$H_{2\,(g)} + 1/2\, O_{2(g)} \text{-------}> H_2O_{(L)}\ ,\ \Delta H = 284\ KJ\ mole^{-1}$$

ولكن هناك بعض الصعوبات التى تعترض استخدام الهيدروجين كوقـــود ،

أهمها أن غاز الهيدروجين سريع الانتشار بسبب صغر حجم جزيئاته التى يمكن أن تمر من مسام جدران الأوعية الحافظة له ، كذلك يتعذر استخدام الهيدروجين المسال بشكل عملى فى الصناعة وكوقود للسيارات ، لأنه بالغ الخفة ويحتاج إلى خزان كبير الحجم لتخزين قدر صغير منه ، فكيف يمكن التغلب على هذه الصعوبات ؟

تمكن العلماء من إيجاد حل لمشكلة حفظ كميات كافية من غاز الهيدروجين بطريقة اقتصادية وآمنة ، باستخدام هيدريدات الفلزات التى تتكون باتحاد بعض الفلزات مع غاز الهيدروجين ، بشرط أن تكون هذه الهيدريدات سهلة التكوين وسهلة التفكك . حتى يمكن استخدامها فى توليد الطاقة .

كذلك يجب أن يكون الفلز المستخدم متوافراً ورخيص التكلفة .

وتستخدم هيدريدات الماغنسيوم لهذا الغرض حيث تنطبق عليها الشروط السابقة .

ويعتقد العلماء أن غاز الهيدروجين سوف يصبح من أهم أنواع مصادر الطاقة فى السنوات القليلة القادمة ، وأنه سوف يستعمل وقوداً فى المصانع ، وفى محطات القوى ، وفى المنازل والمتاجر ، وفى عمليات التدفئة والتكييف ، ولا يستبعد أن تصبح الآلات التى تدار بغاز الهيدروجين عن طريق الهيدريدات شيئاً مألوفاً خلال القرن الحالى .

المصادر المتجددة للطاقة

من موارد البيئة المتجددة ، التى يمكن استخدامها كمصدر للطاقة ، الكتلة الحيوية **Biomass** والنفايات الصلبة **Solid Wastes** .

(١) الكتلة الحيوية (البيوماس)

يطلق اسم الكتلة الحيوية على كل من المخلفات الحيوانية والمخلفات الزراعية والنباتية (المخلفات العضوية) التى تتبقى فى الحقول بعد جنى المحاصيل ، مثل أعواد القمح وقش الأرز وبقايا الذرة وغيرها .

ويمكن استخدام الكتلة الحيوية كمصدر للطاقة ، عن طريق تخمير هذه البقايا الحيوانية والنباتية فى حفر خاصة تحت سطح الماء ، وبمعزل عن الهواء ، وبفعل أنواع متخصصة من البكتريا اللاهوائية ، فيتصاعد منها غاز قابل للاشتعال يعرف باسم الغاز الحيوى **Biogas** ، وهو خليط من غاز الميثان (٥٤ ــ ٧٠%) وثانى أكسيد الكربون (٢٧ ــ ٣٤%) ونسبة قليلة من غازات النيتروجين وكبريتيد الهيدروجين والهيدروجين .

وتختلف الطاقة الحرارية للغاز الحيوى باختلاف محتواه من غاز الميثان والغازات الأخرى .

ويمكن استخدام بعض النباتات ــ وهى مواد متكونة بواسطة عملية البناء الضوئى ــ كمصدر للوقود ، فعلى سبيل المثال :

أمكن الحصول على الكحول الإيثيلى المستخدم كوقود من قصب السكر ، كما تستخدم النباتات المحتوية على الهيدروكربون مثل أشجار المطاط كمصادر للوقود ، وتعد الأشجار مصدراً للطاقة أفضل وأقل تلويثاً للبيئة من الوقود

الحجرى .

وتقوم بعض الدول مثل جنوب إفريقيا باستخراج الكحول الإيثيلى من فائض محصول الذرة لديها .

(٢) النفايات الصلبة

تعد النفايات الصلبة (القمامة) المتجمعة يومياً من المنازل والأسواق أحد المصادر التى يمكن الحصول منها على الطاقة المعروفة باسم طاقة النفايات .

وتحتوى هذه النفايات على حوالى (٥٠%) من المكونات الورقية والكرتون و(١٠%) من بقايا طعام ، و(١٠%) من الزجاج ، و(١٠%) من المعادن ، و(٢٠%) من المواد الأخرى ، وتصل نسبة المخلفات القابلة للاحتراق فى هذه النفايات إلى حوالى (٦٠%) ، يمكن الحصول منها على قطران وزيوت وغازات تستخدم كوقود من خلال التحليل الحرارى لهذه المخلفات .

وتقوم معظم بلدان دول أوروبا واليابان واستراليا والولايات المتحدة وسويسرا بحرق القمامة فى أماكن خاصة ، وتوليد بخار يستخدم فى توليد الكهرباء وفى أغراض التدفئة .

مراجع القسم الثانى

لمزيد من التفاصيل يمكنك الرجوع إلى المراجع الآتية :

١) أحمد مدحت إسلام (١٩٩٠) : *التلوث مشكلة العصر* ، عالم المعرفة ، العدد (١٥٢) .

٢) أحمد مدحت إسلام (١٩٨٨) : *الطاقة ومصادرها المختلفة* ، ط١ ، القاهرة : مركز الأهرام للترجمة والنشر .

٣) رشيد الحمد ومحمد سعيد صبارينى (١٩٨٤) : *البيئة ومشكلاتها* ، ط٢ ، عالم المعرفة ، العدد (٢٢) .

٤) سعيد محمد الحفار (١٩٨١) : *الإنسان ومشكلات البيئة* ، ط١ ، جامعة قطر .

٥) اللجنة العالمية للبيئة والتنمية (١٩٨٩) : *مستقبلنا المشترك* (ترجمة محمد كامل عارف) ، عالم المعرفة ، العدد (١٤٢) .

٦) مارك أ. هارول (١٩٨٦) : *الشتاء النووى : تأثيرات الحرب النووية على الإنسانية وعلى البيئة* (ترجمة عبد الله حيدر) ، بيروت : دار الرقى.

٧) محمد صابر سليم وآخرون (١٩٨٨) : *علوم البيئة* ، القاهرة : وزارة التربية والتعليم بالاشتراك مع كلية التربية جامعة عين شمس .

٨) محمد كامل محمود (١٩٨٨) : *العلم والتكنولوجيا فى عالم متغير* ، القاهرة : الهيئة المصرية العامة للكتاب .

٩) نظمى عريان (١٩٨٩) : *صحة الإنسان بين الأغذية المحفوظة والمعلبات* ، القاهرة : دار المعارف .

محتويات الكتاب

المؤلفة في سطور

الأستاذ الدكتور / عفت مصطفى الطناوى

أستاذ المناهج وطرق تدريس العلوم

ووكيل كلية التربية لشئون التعليم والطلاب بجامعة دمياط

صدر لها الكتب التالية :

1. مناهج العلوم الطبيعية بين النظرية والتطبيق ، مكتبة الأنجلو .
2. مداخل عالمية في تطوير المناهج التعليمية، مكتبة الأنجلو .
3. أساليب التعليم والتعلم وتطبيقاتها في البحوث التربوية ، مكتبة الأنجلو .
4. الموديولات التعليمية ، مركز الكتاب للنشر
5. استراتيجيات ما وراء المعرفة ، المكتبة العصرية .
6. إعداد معلم العلوم للقرن الحادى والعشرين، المكتبة العصرية .
7. التدريس الفعال ، دار المسيرة .
8. معايير الجودة فى تعليم العلوم ، المكتبة العصرية .
9. التعلم الذاتى ، عالم الكتب .
10. تطوير المناهج التعليمية فى ضوء التوجهات المستقبلية ، دار المسيرة .
11. طرق واستراتيجيات تدريس العلوم وتطبيقاتها فى البيئة الصفية ، الدار الصولتية .
12. اتجاهات معاصرة في تدريس العلوم والتربية العلمية ، مركز الكتاب للنشر .
13. طرق واستراتيجيات تدريس ذوي الاحتياجات الخاصة ، مركز الكتاب للنشر .
14. المناهج ، مركز الكتاب للنشر .
15. تصميم المناهج والبرامج التعليمية ، مركز الكتاب للنشر .
16. مناهج ذوي الاحتياجات الخاصة وأساليب تعليمهم ورعايتهم ، مركز الكتاب للنشر .

هذا الكتاب

أصبحت التربية البيئية ضرورة ملحة بهدف إعداد الفرد للتفاعل الناجح مع بيئته بعناصرها المختلفة ، وهى عملية تكوين القيم والاتجاهات والمهارات والمدركات اللازمة لفهم وتقدير العلاقات المعقدة التى تربط الإنسان بمحيطه الحيوى والفيزيقى ، وتوضيح حتمية المحافظة على مصادر البيئة وحسن استغلالها لصالح الإنسان حفاظاً على حياته ورفعاً لمستوى معيشته .

ويعرض هذا الكتاب فى قسمه الأول مفهوم التربية البيئية ، وأهدافها ، وأهمية برامج العلوم البيئية بفروعها المختلفة ، مشيراً إلى الموضوعات والقضايا اللازمة لتحقيق التربية البيئية وأساليب تضمينها فى المناهج الدراسية .

ويعرض في القسم الثانى العلوم البيئية ويتكون من تسعة فصول ، تتناول المكونات غير الحية للبيئة ، والدورات البيئية ، ومشكلة التلوث ، وتلوث الهواء الجوي ، وتلوث الماء ، وتلوث التربة والغذاء ، والتلوث النووي ، ومشكلة الإخلال بالتوازن الطبيعى للبيئة ، ومشكلة استنزاف موارد البيئة .